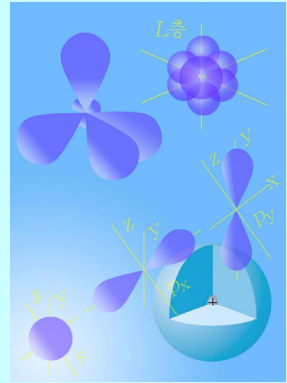
차 례

제1장. 원자의 전자적구조와 화학결합 4

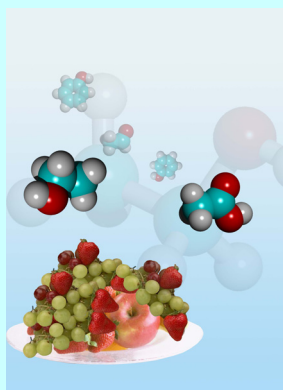
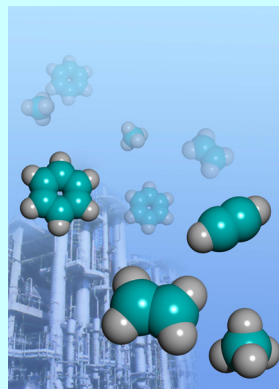
제1절. 원자궤도 5
제2절. 원자궤도에서 전자배치와 원소주기표 11
제3절. 원자들의 화학결합능력 15
제4절. 원자궤도의 혼성화와 분자구조 18
제5절. 시그마결합과 파이결합 21
장종합 24
복습문제 26

제2장. 비금속원소와 그 화합물 28

제1절. 할로겐과 그 화합물 29
제2절. 류황과 그 화합물 39
제3절. 질소와 그 화합물 46
제4절. 탄소와 그 화합물 57
제5절. 비금속의 성질 64
제6절. 화학비료 68
제7절. 세멘트, 유리 74
장종합 79
복습문제 80

제3장. 금속원소와 그 화합물 83

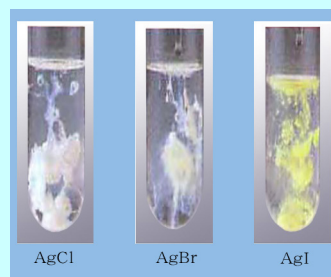
제1절. 알루미니움과 그 화합물 84
제2절. 아연과 그 화합물 88
제3절. 착화합물 92
제4절. 망간, 철, 동의 화합물 95
제5절. 과도원소와 그 단순물 103
제6절. 금속의 성질 107
제7절. 합금과 순금속 113
장종합 121
복습문제 123

제4장. 탄화수소 125

제1절. 메탄, 알칸 126
제2절. 에틸렌, 알켄 141
제3절. 아세틸렌 151
제4절. 부타디엔 158
제5절. 벤졸, 방향족탄화수소 162
제6절. 석탄건류, 원유가공 172
장종합 179
복습문제 181

제5장. 탄화수소의 유도체 183

제1절. 알콜 184
제2절. 페놀, 농약 197
제3절. 알데히드, 케톤 203
제4절. 카르본산 210
제5절. 니트로화합물과 아민 216
제6절. 유기화합물의 특성과 분류 222
장종합 226
복습문제 227

학생실험 229

[실험 1] 염화수소, 염산의 만들기와 성질 229
[실험 2] 단사류황, 고무류황의 만들기와 성질 230
[실험 3] 류산이온검출, 류산의 성질 232
[실험 4] 암모니아의 만들기와 성질 233
[실험 5] 몇가지 화학비료 알아보기 235
[실험 6] 과망간산칼리움의 산화제적성질 238
[실험 7] 수산화철(Ⅱ)와 수산화철(Ⅲ)의 만들기 및 성질 239
[실험 8] 수산화동의 만들기와 성질, Cu^{2+} 검출 241
[실험 9] 양이온검출 242
[실험 10] 에틸렌의 만들기와 성질 244
[실험 11] 아세틸렌의 만들기와 성질 245
[실험 12] 벤졸의 성질 246
[실험 13] 벤졸과 톨루올의 반응성비교 247

[실험 14] 에틸알콜의 증류 248
[실험 15] 에틸알콜과 브롬화수소와의 반응 250
[실험 16] 알데히드의 은거울반응 251

실험문제 1. 몇가지 물질 알아내기 252
실험문제 2. 몇가지 염의 검출 252
실험문제 3. 유기물질의 검출 252

찾아보기 **253**

교과서안내

	학습에 도움이 될 여러가지 참고자료들과 상식들을 폭넓게 담고있다.		화학실험이나 지식습득에서 반드시 주의를 돌려야 할 내용을 담고있다.
	새 지식을 이끌어내고 실험기능을 높이기 위하여 수업시간에 하는 새기기실험(또는 보이기실험)이다.		쉽게 얻을수 있는 시약이나 기구를 리용하여 자체로 해보는 과외실험이다.
	배운 내용에 기초하여 한계단 높은 지식을 습득하기 위한 내용을 담고있다.		지적능력을 높이기 위한 실험 및 응용문제들을 포함하고있다.
	이미 배운 내용을 다지고 새로운 지식과의 련관을 맺어주기 위한 물음이다.	**장종합**	해당 장의 내용을 호상련관속에서 종합체계화하여 알기 쉽게 묶어준것이다.

L층
z
y
x
py
z
y
px
z
y
s
원자의 전자적구조와
화학결합
원자궤도
원자궤도에서 전자배치와 원소
주기표
원자들의 화학결합능력
원자궤도의 혼성화와 분자구조
시그마결합과 파이결합

제1장. 원자의 전자적구조와 화학결합

위대한 령도자 **김정일**대원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《사람의 인식에는 끝이 없다. 세상에 인식할수 없는 사물이나 현상은 없으며 아직 인식하지 못하고있는것도 사회가 발전하고 과학이 더욱 높은 수준에 오르게 되면 얼마든지 인식할수 있다.》

원자는 핵과 전자로 이루어져있다. 전자들은 핵주위에서 일정한 에네르기를 가지고 운동한다.

원자들사이에 화학결합이 이루어질 때에는 전자들의 운동상태와 에네르기가 달라진다.

이 장에서는 원자안에서 전자의 운동상태와 에네르기준위를 나타내는 방법과 원자궤도에 대하여 학습하고 그것에 기초하여 화학결합의 속내를 알아내는 기초적인 지식을 배우게 된다.

제1절. 원자궤도

원자안에 있는 전자의 에네르기

원자안에 있는 전자들은 핵의 끌힘을 받으면서 운동한다.

전자가 핵으로부터 가까이 있을수록 그 전자의 에네르기준위는 낮다.

이것은 물체가 보다 낮은 높이에 있을수록 적은 에네르기값을 가지게 되는것과 비슷하다. 물체의 에네르기는 높이에 따라 련속적인 임의의 값을 가질수 있다.

원자안에 있는 전자들도 큰 물체와 같이 련속적인 에네르기값을 가질수 있겠는가.

원자안에 있는 전자들은 련속적인 값이 아니라 띠염띠염 떨어진 에네르기값만을 가질수 있다.

ⓘ 원자안에는 어떤 전자층들이 있으며 그 순서는 무엇을 규정하는가?

띠염띠염 떨어진 에네르기값을 에네르기준위라고 부르며 에네르기준위가 낮은것으로부터 시작하여 차례로 붙인 번호 n(1, 2, 3, 4, …)을 주량자수라고 부른다. 즉 주량자수는 전자층번호와 같다.

ⓘ 에네르기준위가 가장 낮은 전자층은 어떤 기호로 표시하며 핵으로부터 어떤 위치에 놓이는가?

원자안의 전자는 에네르기준위가 서로 다른 상태에 놓일수 있다.

전자가 가장 낮은 에네르기준위에 있을 때 원자는 에네르기적으로 안정하다. 이때 원자

는 바닥상태에 있다고 하며 그보다 높은 준위에 있을 때 려기상태에 있다고 한다.

? 원자가 바닥상태에서 려기상태에로 넘어가려면 에네르기를 받아야 하겠는가 내주어야 하겠는가?

원자안에 있는 전자의 운동상태와 전자구름

전자와 같이 매우 작은 알갱이들의 운동은 큰 물체의 운동과는 전혀 다르다. 전자의 운동은 던진 돌멩이와 같이 어떤 정해진 길을 따르는 운동이 아니며 주어진 순간에 그것의 위치에 대하여서도 알수 없다.

그러면 전자의 운동상태를 어떻게 나타내겠는가.

원자안에 있는 전자의 운동상태는 주어진 순간에 핵주위공간에 전자가 나타날수 있는 위치(점)들이 어떻게 분포되여있는가 하는것에 의하여 평가할수 있다. 이렇게 전자가 나타날수 있는 위치를 모두 점으로 찍어 표시한다면 핵을 둘러싼 구름처럼 보일것이다. 이것을 **전자구름**이라고 부른다.

그림 1-1에 수소원자의 전자구름을 보여주었다.

전자구름을 보면 핵주위에 전자가 자주 나타나는 곳일수록 짙고 드물게 나타나는 곳일수록 연하게 된다. 전자구름이 짙은 곳일수록 전자가 나타날 가능성이 크다.

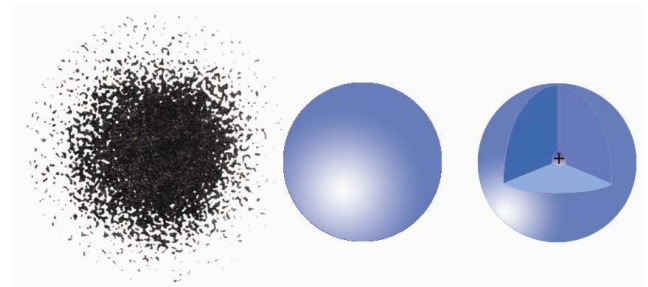



그림 1-1. 수소원자의 전자구름

? 그림 1-1에서 원자핵으로부터 멀어질수록 수소원자의 전자구름은 질어지는가 연해지는가?

전자구름의 모양과 크기

수소원자는 하나의 핵과 한개의 전자로 이루어져있다.

? 수소원자의 전자구름은 어떤 모양을 가지는가?

주량자수가 1인 K전자층에 있는 전자는 구모양의 전자구름을 이룬다.

같은 전자층에 속한 전자라고 하여 모두 꼭같은 모양의 전자구름을 이루는 것이 아니다.

주량자수가 2인 L전자층에 있는 전자들은 구모양의 전자구름과 함께 아령모양의 전자구름 3개를 더 만들어 모두 4개의 전자구름을 이룬다.(그림 1-2)

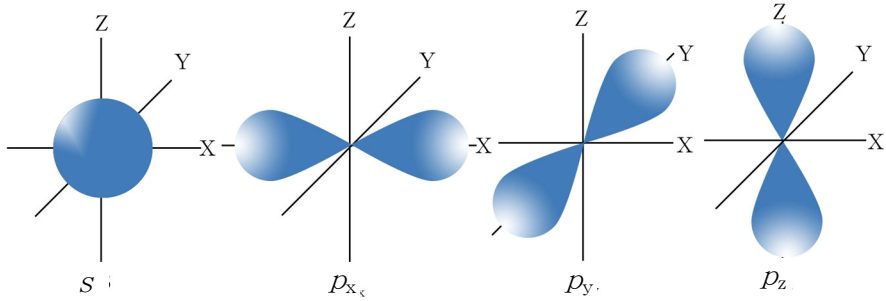



그림 1-2. 주량자수가 2인 *L*전자층의 전자구름

이때 구모양의 전자구름을 기호 *s*를 붙여 ***S***전자구름, 아령모양의 전자구름을 ***P***전자구름이라고 부른다.

3개의 *p*전자구름은 세 직각자리표축을 따라 서로 수직으로 놓여있다.(그림 1-2)

이밖에 *s*, *p*전자구름과 구별되는 *d*, *f*전자구름도 있다.

그러면 전자구름들의 크기는 어떠하겠는가.

주량자수가 1인 전자층에 있는 1*s*전자구름과 주량자수가 2인 전자층에 있는 2*s*전자구름, 주량자수가 3인 3*s*전자구름은 모양은 같지만 크기는 다르다.(그림 1-3)

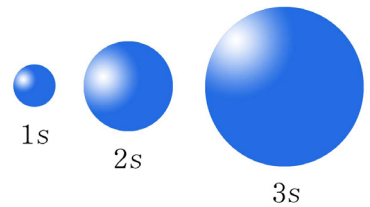



그림 1-3. 1*s*, 2*s* 및 3*s* 전자구름

주량자수가 2, 3, 4, …인 전자층에 있는 *p*전자구름들도 모양은 다 아령모양이지만 그 크기는 서로 다르다.

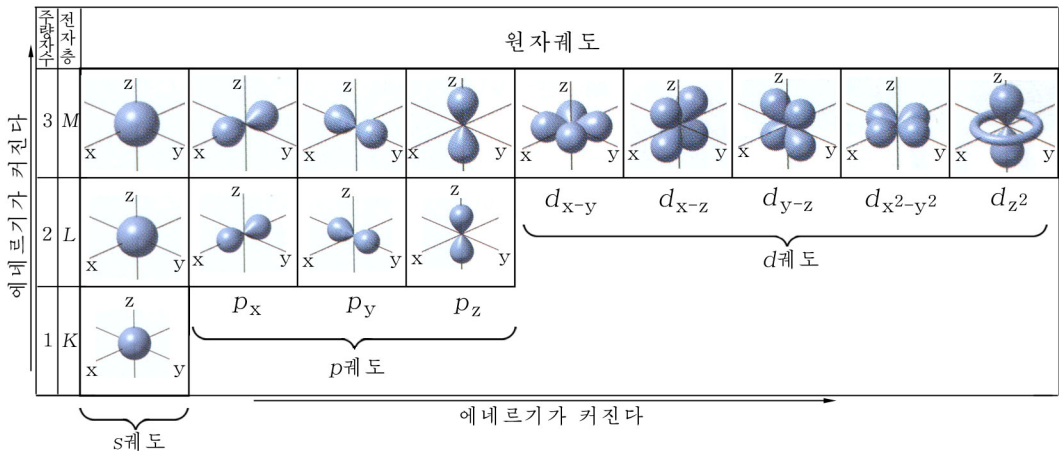



그림 1-4. 전자구름들의 모양과 크기

이와 같이 모양과 크기에 따라 구별되는 하나하나의 전자구름을 원자궤도라고 볼수 있다.

주량자수가 클수록 원자궤도는 보다 크다. 원자궤도가 크다는것은 주어진 전자의 에네르기가 크다는것을 의미한다.

주량자수가 클수록 전자구름은 핵으로부터 멀리 퍼져나가며 전자는 핵에서 쉽게 떨어져나갈수 있다.

원자궤도의 수와 궤도의 에네르기준위

주량자수가 1인 *K*전자층에는 1*s*궤도가 1개, 주량자수가 2인 *L*전자층에는 2*s*궤도 1개와 2*p*궤도 3개가 있다. 주량자수가 3인 *M*전자층에는 3*s*궤도 1개, 3*p*궤도 3개, 3*d*궤도 5개가 있다.(그림 1-5) 그리고 주량자수가 4인 *N*전자층에는 4*s*, 4*p*, 4*d* 궤도밖에도 7개의 *f*궤도가 있다.

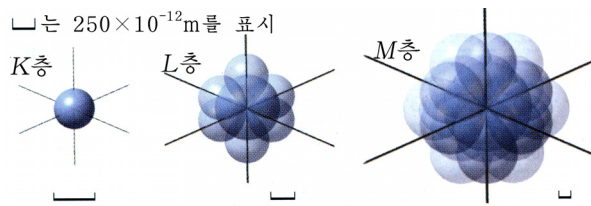



그림 1-5. ***K*, *L*, *M***전자층에 있는 원자궤도들

주량자수가 n인 전자층에 있는 궤도의 총수는 n^2과 같다.

전자층에서 궤도의 수　　　　표 1-1

주량자수	전자층	궤도의 수				전자층에서 궤도의 수
		s	*p*	*d*	*f*	
1	*K*	1				1
2	*L*	1	3			4
3	*M*	1	3	5		9
4	*N*	1	3	5	7	16
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

전자가 하나밖에 없는 수소원자에서는 주량자수 n이 같으면 *s*, *p*, *d*, *f*궤도들의 에네르기준위가 모두 같다.

그러나 전자의 수가 여러개인 여러전자원자에서는 주량자수가 같아도 *s*궤도인가, *p*궤도인가, 아니면 *d*궤도, *f*궤도인가에 따라 에네르기준위가 서로 다르다.(그림 1-6)

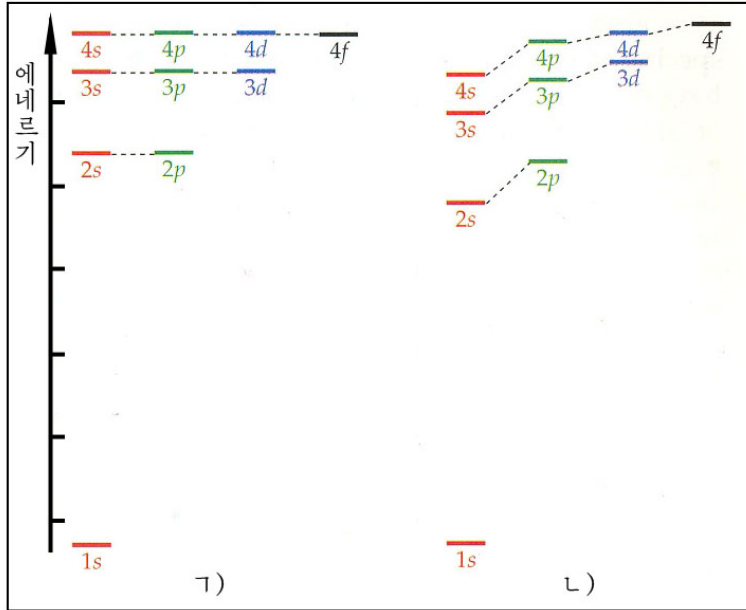



그림 1-6. 수소원자(ㄱ)와 여러전자원자(ㄴ)에서 궤도들의 에네르기준위

여러전자원자에서 궤도들의 에네르기준위가 높아지는 순서는 다음과 같다.

$1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s \approx 3d < 4p < 5s \approx 4d < 5p < 6s \approx 4f \approx 5d < 6p$

전자들은 궤도들에 배치된다.

*s*궤도, *p*궤도, *d*궤도, …에 배치된 전자들은 궤도기호를 붙여 ***s***전자, ***p***전자, ***d***전자, …라고 부른다.

그리고 궤도 1개를 방(□)으로 표시하기도 한다.

빈원자궤도

원자궤도의 의미로부터 전자가 존재하지 않는(전자가 나타날 가능성이 전혀 없는) 원자궤도는 있을수 없다. 그러나 화학결합을 설명하기 위하여 전자가 놓여있지 않는 궤도를 생각하고 그것을 빈원자궤도 간단히 빈궤도라고 부른다.

문 제

1. 옳은것은 ○으로, 틀린것은 ×으로 표시하여라.

ㄱ) 전자는 핵주위에서 자리길을 따라 운동하고있다.

ㄴ) 전자는 핵주위에서 정해진 길을 따라 운동하고있다.

ㄷ) 전자는 전자층을 따라 운동하고있다.

ㄹ) 원자안에 있는 전자의 운동에 대하여서는 전자구름모형을 리용하여 나타낼 수 있다.

ㅁ) 원자의 전자구름은 전자가 운동하는 정해진 길과 같다.

2. 전자구름의 모양에 대하여 옳은것은 ( )이다.

ㄱ) 전자구름은 하늘에 떠가는 구름처럼 아무렇게나 생겼다.

ㄴ) 모든 전자구름은 구모양을 가졌다.

ㄷ) 전자구름은 구모양을 가진것도 있고 아령모양을 가진것도 있으며 또 다른 모양을 가진것도 있다.

ㄹ) 원자안의 매 전자구름은 그 모양이 각각 정해져있으며 모양에 따라 s, p, d, f전자구름으로 나눈다.

ㅁ) p전자구름은 구모양을 하고있으며 d전자구름은 아령모양을 하고있다.

3. 원자궤도에 대하여 틀린것은 ( )이다. 리유를 밝혀라.

ㄱ) 원자궤도는 전자의 운동자리길이다.

ㄴ) 원자궤도는 원자의 전자층이다.

ㄷ) 원자안의 하나하나의 전자구름을 원자궤도라고 부른다.

ㄹ) 원자궤도들의 에네르기준위는 모두 같다.

ㅁ) 원자궤도의 에네르기준위가 높을수록 원자궤도는 크다.

ㅂ) 원자궤도의 에네르기준위가 클수록 전자는 핵에 더 세게 끌린다.

4. 원자궤도의 에네르기준위와 궤도의 수에 대하여 틀린것은 ( )이다. 리유를 밝혀라.

ㄱ) 원자궤도의 에네르기준위는 련속적인 값을 가진다.

ㄴ) 원자궤도의 에네르기준위는 $ns<np<nd<nf$순서로 커진다.

ㄷ) 원자궤도의 에네르기준위는 $ns>np>nd>nf$순서로 작아진다.

ㄹ) 전자층에서 p궤도의 수는 5개이고 d궤도의 수는 7개이다.

ㅁ) 여러전자원자에서 주량자수만 같으면 모든 원자궤도의 에네르기준위는 꼭같다.

5. $1s$와 $2s$궤도들사이, $3d$, $4d$, $5d$궤도들사이에 같은 점과 다른 점은 무엇인가?

제2절. 원자궤도에서 전자배치와 원소주기표

원자에는 모양과 에네르기준위가 서로 다른 여러개의 원자궤도들이 있다.

그러면 이 원자궤도들에 전자들이 어떻게 배치되는가.

원자궤도들에서의 전자배치

원자에서 전자들은 다음과 같은 규칙에 따라 궤도들에 배치된다.

① 전자들은 에네르기준위가 낮은 궤도부터 차례로 배치된다.(에네르기최저원리)

ⓘ 여러전자원자에서 궤도들의 에네르기준위가 높아가는 순서를 써보아라.

이 규칙에 의하면 $1s \to 2s \to 2p \to 3s \to 3p \to 4s$ …의 차례로 전자들이 배치된다.

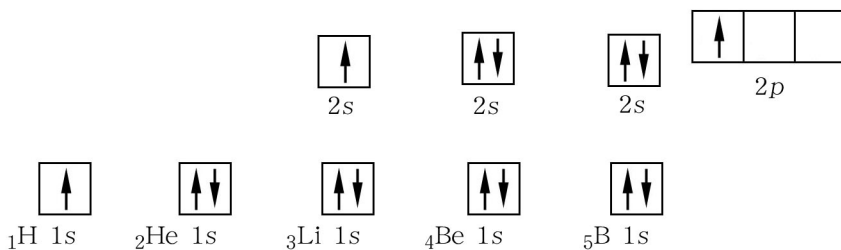
② 한 궤도에는 전자들이 2개까지 놓일수 있다.(파울리원리 또는 금지원리)

이 규칙에 따라 K전자층에는 $1s$궤도 1개뿐이므로 2개까지의 전자가 들어갈수 있으며 L전자층에는 $2s$궤도에 2개 그리고 $2p$($2p_x$, $2p_y$, $2p_z$)궤도에 6개의 전자가 들어갈수 있다.

주량자수가 n일 때 궤도의 수는 n^2이므로 최대로 채워질수 있는 전자의 수는 $2n^2$이다.

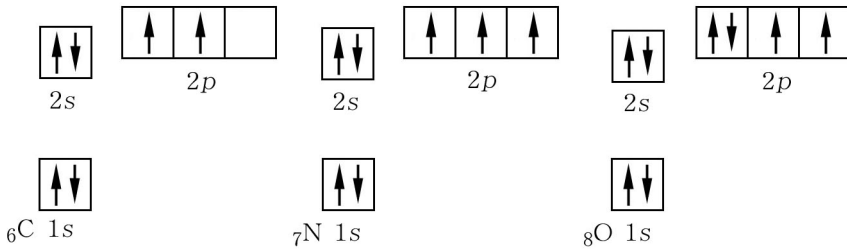
원자궤도들에서 전자배치를 궤도방모형과 궤도기호를 써서 나타낸다.

궤도방모형에서는 궤도를 방(□)으로, 전자를 짧은 화살표(또는 점)로 나타낸다.

규칙 ①, ②에 의하여 원자번호가 1-5인 원자들에서 전자배치를 다음과 같이 할수 있다.

붕소 B원자에는 베릴리움 Be원자와 마찬가지로 $1s$궤도($1s$전자 2개)와 $2s$궤도($2s$전자 2개)외에 $2p$궤도에 1개의 전자가 더 있다.

③ 에네르기준위가 꼭같은 p궤도나 d궤도들에는 전자가 먼저 하나씩 《독방》을 차지한다. 이때 원자는 에네르기적으로 안정해진다.(독방차지규칙)

이 규칙에 의하면 $_6$C에서 여섯번째 전자는 어느 궤도에 채워지겠는가.

$_6$C, $_7$N, $_8$O원자의 전자배치는 각각 다음과 같다.

전자배치모형에서 보는것처럼 바닥상태에서 최외전자층에 있는 탄소원자의 4개 전자들가운데서 2개, 질소원자는 5개의 전자들가운데서 3개, 산소원자는 6개의 전자들가운데서 2개가 홀전자이다.

ⓘ $_4$Be 와 $_5$B, $_7$N 와 $_8$O의 전자배치에서 다른 점은 무엇인가?

최외전자층에서 전자배치와 주기

ⓘ 화학원소들의 성질이 원자번호가 커지는데 따라 어떻게 변하는가?

원자궤도에서의 전자배치는 궤도기호의 오른쪽어깨에 궤도에 배치되는 전자수를 표시한 궤도기호로도 나타낼수 있다.

례를 들면 질소원자 $_7$N의 전자배치는 $_7$N $1s^2 2s^2 2p^3$(또는 $_7$N $1s^2 2s^2 2p^1{}_x 2p^1{}_y\ 2p^1{}_z$)와 같이 나타낼수 있다. 그리고 최외전자층에서의 전자배치만을 $_7$N $2s^2 2p^3$과 같이 간단히 나타내기도 한다.

수소원자 $_1$H로부터 세시움원자 $_{55}$Cs까지 전자배치규칙에 따라 궤도들에 전자들을 배치하면 그림 1-7과 같이 나타낼수 있다.

ⓘ 그림 1-7에서 1-5주기는 각각 어느 원소에서 시작되고 어느 원소에서 끝나는가?

ⓘ 그림 1-7에서 2-5주기의 첫번째 원소와 마지막원소에서 마지막전자는 어느 궤도에 배치되는가?

ⓘ 그림 1-7에서 마지막전자가 s, p, d궤도에 배치되는 원소들은 어느것이며 몇개씩이나 되는가?

주기는 전자배치가 ns^1인 원소(알카리금속원소)에서 시작되여 전자배치가 np^6인 원소(드문기체)에서 끝난다.(1주기는 $1s^2$에서 끝난다.) 새로운 전자층이 이루어질때마다 새 주기가 시작된다.

에너지
주기
원소수
Ba 6s2
Cs 6s1
Te 5p4 I 5p5 Xe 5p6
In 5p1 Sn 5p2 Sb 5p3
Sr 5s2
Rb 5s1
Ru4d7 Rh4d8 Pd4d10 Ag4d10 Cd 4d10
Y 4d1 Zr 4d2 Nb4d4 Mo 4d5 Te 4d5
5 18
Se 4p4 Br 4p5 Kr 4p6
Ga 4p1 Ge 4p2 As 4p3
Ca 4s2
K 4s1
Fe 3d6 Co 3d7 Ni 3d8 Cu3d10 Zn 3d10
Sc 3d1 Ti 3d2 V 3d3 Cr 3d5 Mn 3d5
4 18
S 3p4 Cl 3p5 Ar 3p6
Al 3p1 Si 3p2 P 3p3
Mg 3s2
Na 3s1
3 8
O 2p4 F 2p5 Ne 2p6
B 2p1 C 2p2 N 2p3
Be 2s2
Li 2s1
2 8
He 1s2
H 1s1
1 2

탐구 매 주기에서 원소의 수는 무엇에 의존하는가

매 주기(전자층)에서 원자궤도의 수는 표 1-1에 주어져있다. 주량자수가 n인 전자층에서 원자궤도의 총수는 $n2$이다. 따라서 제4주기에 있을수 있는 궤도의 총수는 16이고 매 궤도에 2개까지의 전자가 배치될수 있으므로 4주기에 놓일수 있는 원소의 수는 32여야 한다. 그런데 실제로 4주기에서 원소의 수는 18이다.

왜 4주기에서 원소의 수가 32보다 작은가?

매 주기에서 원소의 수는 무엇에 의존한다는것인가?

최외전자층에서 전자배치와 족

최외전자층의 전자배치가 같은 원소들은 같은 세로렬 즉 같은 족에 놓인다.

마지막전자가 s궤도에 배치되는 원소들(1족, 2족, 12족)을 **s원소**, p궤도에 배치되는 원소들(13-18족)을 **p원소**라고 하며 s원소와 p원소를 **전형원소**라고 부른다.

실례로 알카리금속원소(s원소)와 할로겐원소(p원소)들은 전형원소들이다.

마지막전자가 d, f궤도에 배치되는 원소들을 **과도원소**라고 부르며 마지막전자가 d궤도에 배치되는 원소를 **d원소**, $4f$궤도와 $5f$궤도에 배치되는 원소들을 각각 **란타노이드**, **악티노이드**라고 부른다.

ⓘ 제2족원소들인 Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra의 전자배치와 17족원소들인 F, Cl, Br, I, At의 전자배치특성은 무엇인가?

족번호와 전자배치사이에는 다음 관계가 있다.

s원소의 족번호＝최외전자층의 전자수＝ns궤도의 전자수(헬리움은 제외)

p원소의 족번호=최외전자층의 전자수+10=ns궤도의 전자수+np궤도의 전자수+10

d원소의 족번호＝최외전자층의 전자수＋(n-1)d궤도의 전자수＝

＝ns궤도의 전자수＋(n-1)d궤도의 전자수

n은 최외전자층의 번호(주량자수)이다.

문 제

1. 옳은것은 ( )이다.

ㄱ) 전자들은 에네르기준위가 높은 궤도부터 배치된다.

ㄴ) 전자들은 에네르기준위가 낮은 궤도부터 1개씩만 배치된다.

ㄷ) 전자들은 에네르기준위가 낮은 궤도부터 차례로 배치되는데 한 궤도에는 2개까지의 전자들이 배치될수 있다.

ㄹ) 전자들은 에네르기준위가 꼭같은 궤도들에 먼저 배치되고 다음에 에네르기준위가 낮은 궤도들에 배치된다.

2. 옳은것은 ( )이다.

ㄱ) 바닥상태에서 d궤도는 어떤 전자층에나 다 있다.

ㄴ) 탄소원자에서 $2s$, $2p$궤도의 에네르기준위는 서로 다르다.

ㄷ) 류황원자에서 $1s$, $2s$궤도의 에네르기준위는 같고 $2s$, $2p$궤도의 에네르기준위는 서로 다르다.

ㄹ) 철원자에서 $4s$, $4p$궤도의 에네르기준위는 같고 $4d$궤도의 에네르기준위는 $4p$궤도의 에네르기준위보다 높다.

3. 원자번호가 20, 29, 36인 원자들의 전자배치를 궤도기호로 나타내고 다른 점을 밝혀라. 이 원소들은 어떤 원소들인가?

4. 최외전자층의 전자수가 6, 7, 8인 원소는 몇족원소인가?

제3절. 원자들의 화학결합능력

2개이상의 원자들이 서로 가까이 접근하여 따로따로 있을 때보다 에네르기적으로 안정한 상태에 놓여있을 때 화학결합이 이루어졌다고 한다.

화학결합은 최외전자층에 있는 원자궤도들의 전자배치와 밀접히 련관되여있다.

드문기체원자들의 최외전자층구조

드문기체원자들의 최외전자층은 ns^2np^6의 전자배치(헬리움의 경우는 $1s^2$)를 가지고있다. 전자들이 최외전자층의 모든 s, p궤도들에 쌍을 짓고 배치되여있을 때 원자는 에네르기적으로 가장 안정하다. 이러한 안정한 최외전자층구조(8전자구조)를 가지고있는 드문기체원자들은 화학반응에 거의 참가하지 않으며 원자상태로 안정하게 존재한다.

공유결합

$_{17}$Cl원자의 최외전자층의 전자배치는 다음과 같다.

최외전자들가운데서 1개의 $3p$전자는 쌍을 짓지 않고있다.(높은 에네르기상태)

이 전자는 수소원자의 홀전자($1s^1$)와 쌍을 이루면서 HCl분자를 만들수 있다.

※ 원자궤도에 홀로 있는 전자를 홀전자라고 한다. 홀전자를 결합성전자라고도 한다.

이와 같이 홀전자들이 쌍을 이루면 Cl원자는 안정한 8전자구조를 가지게 되며 수소원자는 안정한 $1s^2$전자구조를 가지는것으로 되여 에네르기적으로 안정해진다. 원자의 전자들이 쌍을 이루면서 안정한 전자구조를 형성하는것을 두 전자구름이 겹쳐진다(중첩된다)고 한다. 이와 같이 원자들이 전자쌍을 공동으로 소유하면서(전자구름이 겹쳐지면서) 이루어지는 화학결합이 공유결합이다.

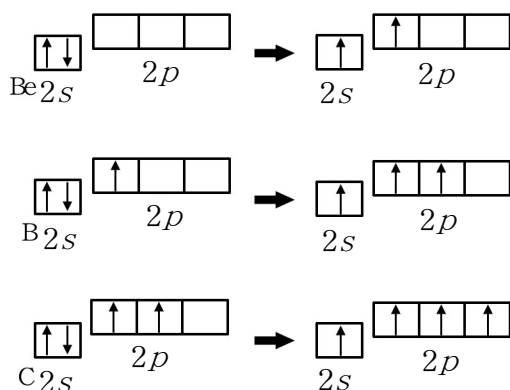



그림 1-8. Be, B, C원자들에서 홀전자수변화

? $_4$Be, $_5$B, $_6$C원자들의 최외전자층에 홀전자들이 각각 몇개씩 있는가?

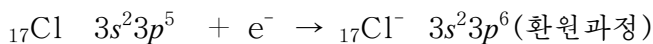
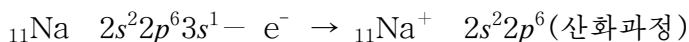
2s와 2p원자궤도의 에네르기준위차가 그리 크지 않기때문에 바깥으로부터 적은 에네르기를 받아도 2s궤도의 전자가 2p궤도로 쉽게 려기될수 있다. 이렇게 되면 Be,B, C원자들에서 홀전자수는 각각 2, 3, 4개로 된다.(그림 1-8)

이와 같이 조건에 따라 원자들에서 쌍을 지었던 전자들도 려기되여 홀전자로 되여가지고 결합에 참가할수 있다.

이온결합

화학결합은 원자들이 최외전자층의 홀전자를 완전히 내여주거나 받아들여 안정한 전자배치를 가지면서 이루어질수도 있다.

$_{11}$Na $2s^2 2p^6 3s^1 - e^- \rightarrow$ $_{11}$Na$^+$ $2s^2 2p^6$(산화과정)

$_{17}$Cl $3s^2 3p^5 + e^- \rightarrow$ $_{17}$Cl$^-$ $3s^2 3p^6$(환원과정)

전자를 주고받는 산화환원과정에 Na과 Cl원자는 다같이 안정한 전자배치(s^2p^6)를 가지면서 이온으로 넘어가고 그것들사이의 정전기적끌힘에 의하여 결합이 이루어진다. 이러한 결합이 이온결합이다.

배위결합

암모니아 NH_3이나 H_2O과 같은 분자들은 화학결합에 더 참가할수 없겠는가.

공유결합은 두 원자가 각각 내는 홀전자들에 의하여 이루어질수도 있고 한 원자가 내는 전자쌍에 의하여 이루어질수도 있다.

암모니아 NH_3분자는 3개의 홀전자가 있는 질소원자의 2p궤도와 수소원자 1s궤도의 겹침에 의하여 3개의 공유결합을 이루고있다.

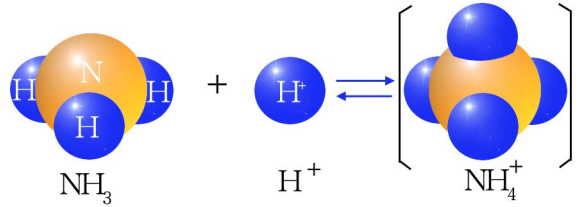
그런데 NH_3분자의 질소원자에는 비공유전자쌍이 있는 궤도가 있다. 여기에 빈 1*s*궤도를 가진 H^+이 결합되여 NH_4^+이 형성된다.(그림 1-9)

※ 결합을 이루는데 참가하지 않고 한 궤도에 쌍을 짓고있는 전자들을 비공유전자쌍이라고 한다.

그림 1-9. 암모니움이온의 형성

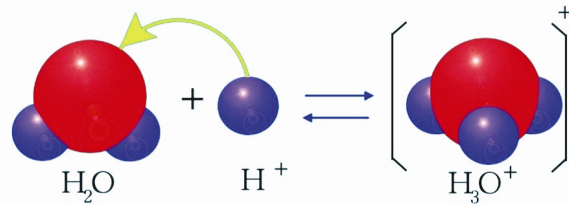
이때에는 한쪽 원자에서 내놓은 전자쌍을 두 원자가 공동으로 소유하면서 공유결합이 이루어진다. 이러한 결합을 **배위결합**이라고 부른다.

배위결합을 이룰 때 전자쌍을 내놓는 알갱이(분자, 이온)를 주개, 전자쌍을 받는 알갱이(분자, 이온)를 받개라고 하며 이 결합을 **주개받개결합**이라고도 부른다.

그림 1-10. 옥소니움이온의 형성

ⓘ 주개와 받개에는 각각 어떤 궤도들이 있는가?

물분자 H_2O와 수소이온 H^+이 결합하면 옥소니움이온 H_3O^+이 생긴다.(그림 1-10)

ⓘ 옥소니움이온이 생기는 반응에서 주개와 받개는 각각 어느것인가?

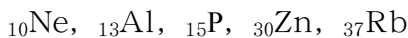
이처럼 원자들의 화학결합능력은 최외전자층 원자궤도들의 전자배치에 관계된다.

즉 화학결합능력은 최외전자층에 홀전자를 가지고있는 궤도가 몇개 있는가, 비공유전자쌍이 있는 궤도가 몇개 있는가 그리고 빈궤도가 몇개 있는가에 관계된다.

공유결합능력은 원자가에 의하여 특징지어진다.

문 제

1. 원자궤도방모형과 궤도기호로 전자배치를 하여라.

$_{10}$Ne, $_{13}$Al, $_{15}$**P**, $_{30}$Zn, $_{37}$Rb

2. 웃문제에 지적된 원자들의 화학결합능력을 말하여라.

이온결합을 이룰수 있는 원소는 어느것인가? 그 리유를 밝혀라.

3. 배위결합과 공유결합의 다른 점은 무엇인가? 배위결합을 공유결합에 포함시킬수 있겠는가?

제4절. 원자궤도의 혼성화와 분자구조

*sp*혼성화와 $BeCl_2$의 분자구조

$BeCl_2$에서 결합은 어떻게 이루어지는가.

바닥상태에서 $_4Be$은 $1s^22s^2$전자배치를 하고있다. $2s$와 $2p$궤도의 에네르기준위차이는 작다. 그러므로 $2s$궤도의 전자는 적은 에네르기를 받아도 $2p$궤도로 쉽게 려기될수 있다. 그러면 2개의 홀전자가 생기고 $_4Be$은 2개의 공유결합을 이룰수 있다.

만일 $2s$, $2p$궤도에 놓여있는 홀전자들이 그대로 Cl의 $3p$전자들과 결합을 이룬다면 두 결합은 서로 차이나야 한다.

그런데 $BeCl_2$에서 두 결합은 완전히 같다.(그림 1-11)

이것은 Be의 $2s$, $2p$궤도들이 그대로 결합에 참가하지 않는다는것을 보여준다.

이것을 어떻게 설명하겠는가.

$2s$와 $2p$궤도들이 《섞여져》 꼭같은 2개의 새로운 궤도가 만들어졌다고밖에 볼수 없다.

한 원자에서 에네르기준위가 비슷한 2개이상의 서로 다른 궤도들이 섞여져 꼭같은 새로운 궤도가 만들어지는것을 **궤도의 혼성화**라고 하며 혼성화에 의하여 만들어진 새로운 궤도들을 **혼성궤도**라고 부른다.

혼성화에 참가하는 궤도의 수와 생기는 혼성궤도의 수는 같다. 그리고 만들어진 새로운 궤도들은 모양은 같고 방향은 반대이다. 하나의 s궤도와 하나의 p궤도가 섞여져 2개의 같은 sp혼성궤도가 만들어진다.(그림 1-12)

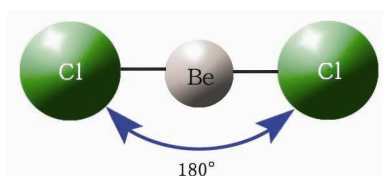



그림 1-11. $BeCl_2$의 분자모형

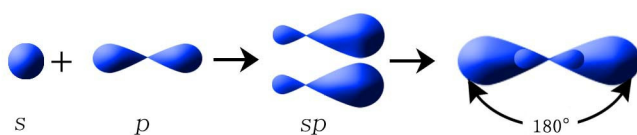
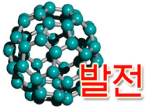



그림 1-12. *sp*혼성궤도

Be의 두 sp혼성궤도는 각각 Cl의 p궤도와 겹쳐져 꼭같은 결합이 이루어지며 $BeCl_2$은 직선구조를 가진다.(그림 1-11)

같은 원자에 속한 2개의 sp혼성궤도와 다른 원자의 궤도가 겹쳐져 생긴 분자는 직선구조를 가진다.

궤도의 방향성과 분자구조

원자궤도들의 겹침은 전자구름밀도가 최대로 큰 방향에서 많이 겹쳐지도록 일어난다.

*s*궤도는 모든 방향에서 같은 전자밀도를 가진다. 즉 전자구름의 방향성이 없다. 이러한 궤도들의 겹침은 아무런 방향에서나 일어난다. *p*, *d*, *f*궤도들과 혼성궤도들은 방향성을 가지며 방향에 따라 전자구름밀도가 차이난다. 즉 전자구름의 방향성이 있다.

이러한 원자궤도들이 겹쳐져 만들어지는 분자들은 원자궤도모양과 비슷한 일정한 구조를 가지게 된다. 이것으로 하여 공유결합의 방향성이 나타난다.

sp^2혼성화와 BF_3의 분자구조

실험에 의하면 BF_3분자는 평면구조를 가지며 3개의 B-F결합은 길이나 세기가 같다.(그림 1-13) $_5B$원자는 바닥상태에서 $2s^22p^1$전자구조를 가지는데 려기되면 $2s^12p^2$배치상태로 되면서 3개의 홀전자가 생긴다.

Ⓟ $_5B$의 려기과정을 궤도방모형으로 나타내여라.

BF_3분자가 이루어질 때 B원자의 하나의 *s*궤도와 2개의 *p*궤도가 혼성화되여 같은 3개의 혼성궤도를 만든다.

하나의 *s*궤도와 2개의 *p*궤도가 혼성화되여 만들어진 꼭같은 궤도가 sp^2혼성궤도이다. 세개의 sp^2혼성궤도들은 서로 120° 의 각을 이루면서 한 평면에 놓여있다.(그림 1-14)

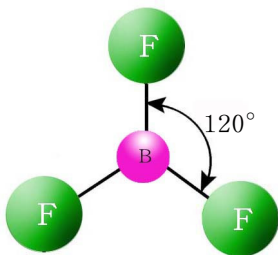



그림 1-13. BF_3의 분자모형

그림 1-14. sp^2혼성궤도

B원자의 sp^2혼성궤도 3개는 F원자의 2*p*궤도 3개와 각각 겹쳐져 결합을 이룬다.

sp^3혼성화, CH_4의 분자구조

CH_4분자는 바른4면체구조를 가진다.(그림 1-15)

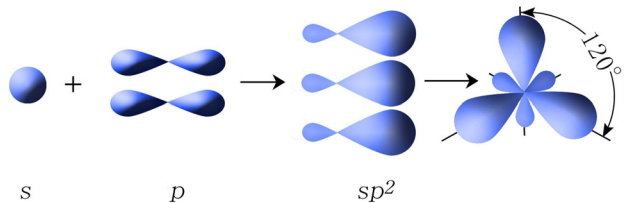
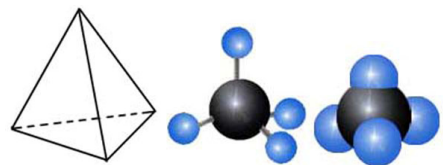



그림 1-15. CH_4의 분자모형

CH_4이 이런 구조를 가지려면 C의 원자궤도들이 어떻게 혼성화되여야 하겠는가.
$_6C$는 려기상태에서 $2s^12p^3$의 배치를 이루는 4개의 홑전자를 가지고있다.

ⓘ $_6C$의 려기과정을 궤도방모형으로 나타내여라.

1개의 s궤도와 3개의 p궤도가 혼성화되여 4개의 sp^3혼성궤도가 만들어진다. 이것들은 탄소원자핵을 중심으로 하여 바른4면체의 정점방향으로 놓여있으며 서로 109° 28′ 의 각을 이룬다.(그림 1-16)

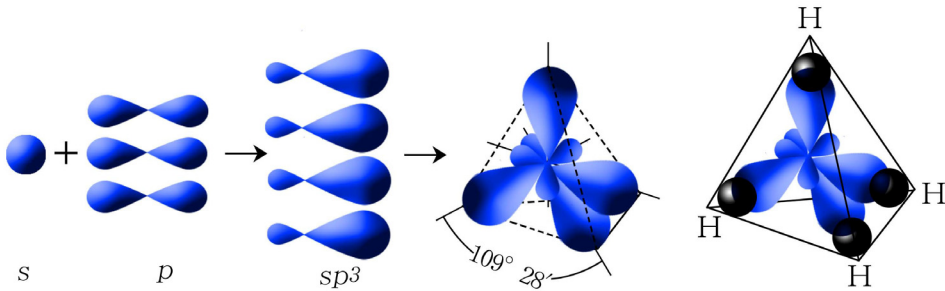



그림 1-16. sp^3혼성궤도

NH_4^+에서 화학결합과 혼성궤도

NH_4^+에서 네개의 N-H결합은 완전히 같다.
바닥상태에서 N원자의 최외전자층 전자배치는 $2s^22p^3$이다.
4개의 N-H결합이 왜 같겠는가?
혼성궤도는 어떻게 이루어지겠는가?

문 제

1. 옳은것은 ( )이다. 틀린것의 리유를 밝혀라.

ㄱ) sp혼성궤도는 s궤도와 p궤도가 섞여져 만들어진다. 그러므로 s궤도의 특징과 p궤도의 특징을 잘 나타낸다.

ㄴ) sp^2혼성궤도를 이루는데 2개의 p궤도가 참가하여 세개의 궤도가 만들어진다. sp^2혼성궤도는 3개의 직각자리표축을 따라 놓이게 된다.

ㄷ) sp^2혼성궤도는 1개의 s궤도와 2개의 p궤도가 혼성화되여 만들어지며 서로 120° 의 각을 이루면서 한 평면우에 놓인다.

ㄹ) sp^3혼성궤도는 1개의 s궤도와 3개의 p궤도가 혼성화되여 만들어진다. 그것들은 바른4면체의 정점방향으로 서로 109° 28′ 의 각을 이루면서 놓여있다.

2. 빈자리에 알맞는 말을 써넣어라.

ㄱ) BCl_3분자가 이루어질 때 ____개의 ____혼성궤도가 만들어진다. ____혼성궤도들은 서로 ____각을 이루면서 한 평면우에 놓인다.

ㄴ) 메탄에서는 ______혼성화에 의하여 분자가 이루어진다. 혼성궤도의 수는 이다.

___들은 탄소원자핵을 중심으로 하여 ___의 정점방향으로 놓여있다.

제5절. 시그마결합과 파이결합

시그마(σ)결합

H_2분자에서 공유결합이 이루어지는 과정은 두 H원자의 1*s*궤도의 홀전자가 쌍을 짓는 과정이다. 이때 두 H원자의 1*s*궤도들이 겹쳐져 H_2분자의 전자구름을 이룬다.(그림 1-17)

두 H원자의 1*s*궤도들이 겹쳐질 때 매 수소원자에는 $1s^2$과 비슷한 안정한 전자배치가 이루어지며 두 원자사이에는 끌힘이 작용한다.

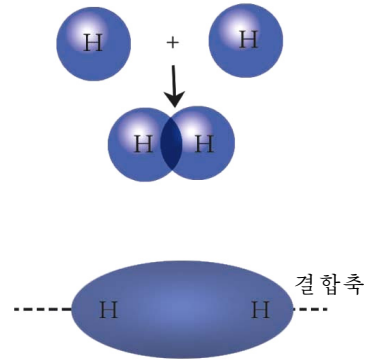



그림 1-17. 1*s*궤도의 겹쳐짐과 H_2분자의 형성

ⓘ 두 핵이 지나치게 가까와지면 어떤 힘이 작용하겠는가? 에네르기적으로 안정한 상태에 놓이겠는가?

두 H원자가 결합할 때 두 원자사이에는 끌힘(한쪽 원자핵과 다른쪽 원자의 전자사이)과 함께 밀힘(한쪽 원자핵과 다른쪽 원자핵사이)도 작용하며 그것이 서로 비기는 거리에 머무르게 된다. 이 거리가 곧 공유결합의 길이이다. H-H결합의 길이는 약 0.074nm이다.

그림 1-18. Cl_2이 이루어질 때 두 3*p*궤도의 겹쳐짐

두 수소원자핵을 련결하는 선(결합축)우에서 공유결합이 이루어진다. 이때 두 수소원자핵사이의 결합축우에서 전자구름밀도가 가장 크며 결합축둘레에서 전자구름의 분포는 대칭적이다.

Cl_2분자에서는 2개의 3*p*궤도들이 겹쳐져 공유결합이 이루어진다. 이때 두개의 3*p*궤도가 두 Cl원자의 핵을 잇는 선(결합축)우에서 겹쳐지게 된다.(그림 1-18) 그것은 이 선(결합축)이 두 원자핵과 Cl원자의 3*p*전자구름의 가장 짙은 부분을 련결하는 선과 일

치하기때문이다.

HCl분자가 이루어질 때에는 H의 1s궤도와 Cl의 3p궤도가(그림 1-19) 그리고 CH_4분자가 이루어질 때에는 C의 sp^3혼성궤도와 H의 1s궤도가 겹쳐지면서 결합이 이루어진다.

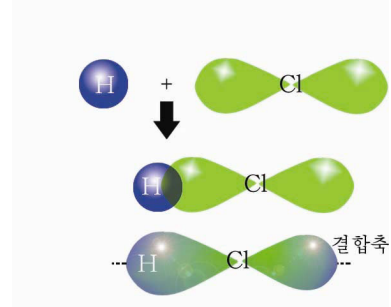



그림 1-19. HCl분자가 이루어질 때 궤도들의 겹쳐짐

ⓘ HCl분자가 이루어질 때 궤도들의 겹쳐짐이 어떤 선우에서 일어나는가?

결합축우에서 전자구름이 가장 질어지도록 원자궤도들이 겹쳐져 이루어진 공유결합을 시그마(σ)결합이라고 부른다.(그림 1-20)

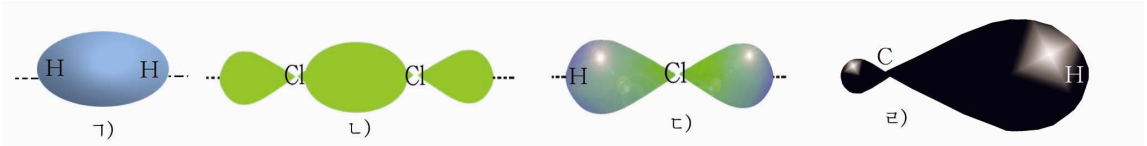



그림 1-20. H_2, Cl_2, HCl 및 CH_4분자들에서 σ결합

σ결합을 이룬 전자구름을 **σ궤도**(또는 **σ전자구름**)이라고 부른다.

σ결합은 s궤도와 s궤도, s궤도와 p궤도, p궤도와 p궤도, s궤도와 혼성궤도, 혼성궤도와 혼성궤도들사이에 이루어질수 있다.

ⓘ $BeCl_2$의 전자구름(σ궤도)을 그려라.

단결합은 σ결합으로만 이루어진다.

파이(π)결합

질소분자 N_2은 매우 안정한 분자이다.

질소원자 N은 최외전자층에 $2s^22p^3$의 전자배치를 하고있는데 홑전자들은 3개의 2p궤도들에 놓여있다.(그림 1-21)

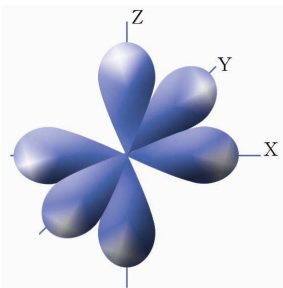



그림 1-21. 질소원자의 2p궤도

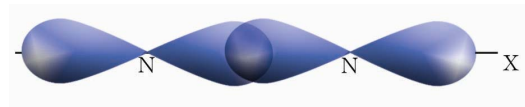



그림 1-22. 질소분자에서 σ결합의 형성(센 결합)

N_2분자에서 결합이 어떻게 이루어지는가.

두 질소원자핵을 련결하는 축우에 놓이는 2개의 $2p_x$원자궤도가 겹쳐져 하나의 σ결합이 이루어진다.(그림 1-22)

질소원자에는 σ결합축에 각각 수직인 2개의 $2p(2p_y,\ 2p_z)$궤도들이 있다.

이 2개의 $2p(2p_y,\ 2p_z)$궤도들은 맞은편 원자의 2개의 $2p$궤도들과 서로 수직인 2개의 평면우에서 겹쳐진다.(그림 1-23)

결합축(σ결합축)에 수직인 p궤도들이 서로 옆으로 겹쳐지면서 이루어진 결합을 파이(π)결합이라고 부른다.

그림 1-23. 질소분자에서 π결합의 형성

그림 1-24. 질소분자에서의 결합

결국 N_2분자는 1개의 σ결합과 2개의 π결합 즉 3중결합으로 되여있다.(그림 1-24)

질소분자는 3중결합으로 이루어져있으므로 매우 안정하다.

σ결합과 π결합가운데서 어느것이 더 든든한가.

σ전자구름은 핵사이공간의 가까운 거리에 몰켜있지만 π전자구름은 핵으로부터 먼 거리에 퍼져있다. 그러므로 π결합은 σ결합에 비하여 약하다.

? 두 원자사이에 2개의 σ결합이 이루어질수 있겠는가? 왜 그런가?

두 원자사이에 σ결합이 없이 π결합만은 이루어질수 없다.

π결합은 p궤도와 p궤도사이에만 이루어진다.

문 제

1. 옳은것은 ( )이다.

ㄱ) s궤도들사이에는 σ결합만이 이루어진다.

ㄴ) p궤도들사이에는 σ결합만이 이루어진다.

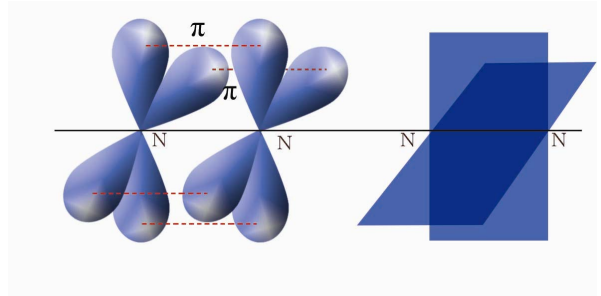
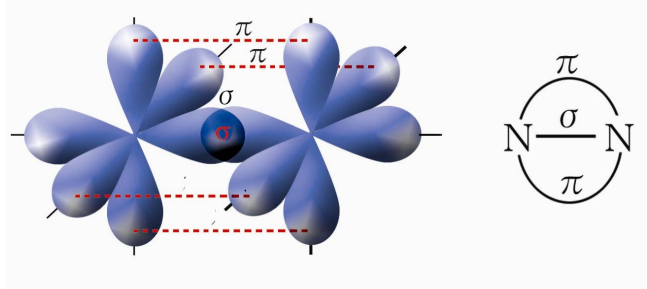
ㄷ) s궤도와 p궤도사이에는 π결합이 이루어진다.

ㄹ) p궤도들사이에는 π결합만이 이루어진다.

ㅁ) s궤도들사이에는 π결합만이 이루어진다.

2. 옳은것은 ( )이다. 틀린것의 리유를 밝혀라.

ㄱ) σ결합은 결합축에 수직이다.

ㄴ) π결합과 σ결합은 같은 축(선)에 놓인다.

ㄷ) π결합은 결합축에 수직되는 공간상의 두곳에서 겹쳐지므로 σ결합보다 든든하다.

ㄹ) 2중결합은 2개의 π결합으로 되여있다.

ㅁ) 2중결합은 1개의 σ결합과 1개의 π결합으로 되여있다.

3. 옳은것과 틀린것을 가르고 리유를 밝혀라.

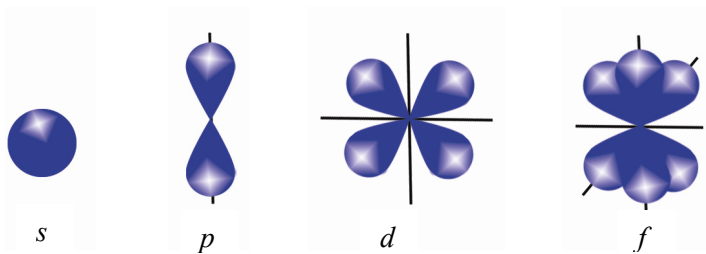
ㄱ) H_2분자는 σ결합으로 이루어져있고 N_2분자는 2개의 σ결합과 1개의 π결합으로 이루어져있다.

ㄴ) σ결합은 반드시 s궤도들에 의해서만 이루어진다.

ㄷ) π결합은 s궤도와 p궤도들에 의해서만 이루어진다.

ㄹ) π결합은 p궤도들에 의하여 이루어진다.

장 종 합

1. 원자궤도들의 모양과 에네르기준위

$$1s<2s<2p<3s<3p<4s\approx3d<4p<5s\approx4d<5p<6s\approx4f\approx5d<6p$$

전자층에서 원자궤도의 수

주량자 수	전자층	궤도의 수				전자층에서 궤도의 수
		s	p	d	f	
1	K	1				1
2	L	1	3			4
3	M	1	3	5		9
4	N	1	3	5	7	16
⋮	⋮					

2. 원소의 족번호와 최외전자층(n)궤도들에서 전자수

s원소의 족번호=ns전자수=최외전자수

p원소의 족번호=ns전자수+np전자수+10=최외전자수+10

d원소의 족번호=ns전자수+$(n-1)d$전자수=최외전자수+$(n-1)d$전자수

(최외전자수: 최외전자층의 전자수)

3. 화학결합능력은 최외전자층 원자궤도들의 전자배치와 관련된다.

즉

① 최외전자층 원자궤도들에 배치되여있는 홀전자의 수

례: $_{11}Na$의 $3s$궤도에 홀전자 1개($3s^1$)

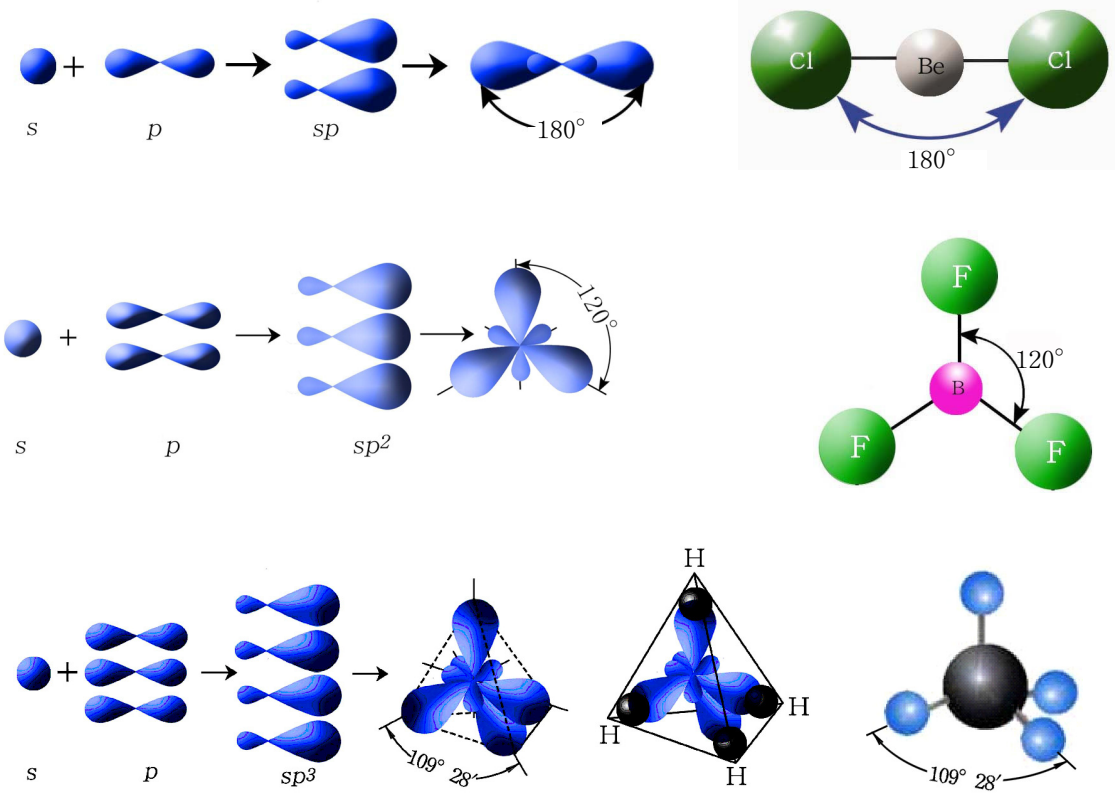
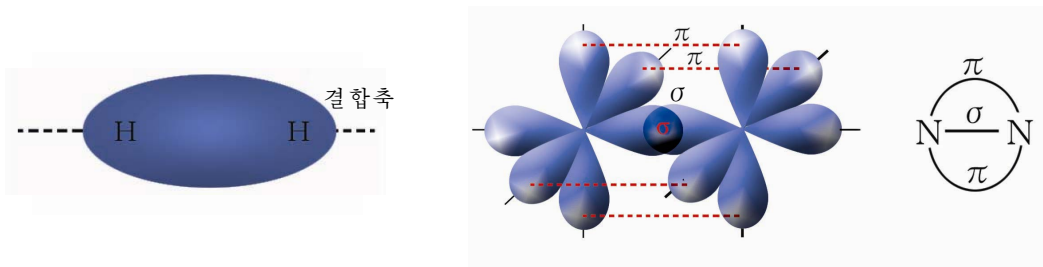
② 비공유전자쌍이 있는 궤도의 수

례: $_{7}N$에 비공유전자쌍이 있는 궤도가 1개($2s^2$)

③ 빈원자궤도의 수

례: $_{1}H^{+}$에 빈궤도 1개($1s^0$)

와 관련된다.

4. 원자궤도의 혼성화

5. 시그마결합과 파이결합

시그마결합은 결합축에 놓인다. 파이결합은 결합축에 수직인 평면우에 놓인다.

복습문제

1. 원자번호가 3-54까지인 원소들이 있다.

ㄱ) 원자번호차례로 원소기호를 쓰고 원자의 전자배치를 궤도기호로 나타내여라.

ㄴ) 전자배치로부터 주기표에서 원소들의 성질변화의 주기성을 설명하여라.

ㄷ) 원자번호가 3-18까지인 원소와 원자번호가 19-54까지인 원소들의 전자배치와 원소들의 성질변화의 특성을 련관속에서 설명하여라.

ㄹ) 족은 어떤 전자배치를 가진 원소들로 이루어지며 같은 족을 이루는 원소들의 단순물, 산화물, 수산화물들의 성질에서 어떤 특성이 나타나겠는가? 왜 그런가?

2. 원자번호가 13, 33, 38, 44, 49, 56, 85인 원소들이 있다.

ㄱ) 원소들의 전자배치를 궤도기호로 나타내고 매 원소들이 몇주기 몇족원소인가를 밝혀라.

ㄴ) 매 원자들에서 마지막전자의 바닥상태는 어느 에네르기준위인가?

ㄷ) 전형원소와 과도원소를 전자배치에 기초하여 가르고 과도원소들의 전자배치에서 특성을 말하여라.

3. 전자배치가 다음과 같은 원소가 있다.

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^5$

ㄱ) 이 원소는 어느 주기, 어느 족의 몇번원소인가?

ㄴ) 이 원소가 놓이는 주기에서 원소의 수는 몇개인가?

ㄷ) 다음 주기의 같은 족에 놓이는 원소는 몇번원소인가? 왜 그런가?

ㄹ) 이 원소가 포함되는 화합물에서 최대산화수는 얼마인가?

4. 원자번호가 8-17인 원소들가운데서 알맞는것을 찾으라.

ㄱ) 보통조건에서 원자로 되여있고 기체상태로 존재하는 원소

ㄴ) 보통조건에서 2원자분자기체로 존재하는 원소

ㄷ) 원자의 최외전자층에 2개의 전자를 가지고있는 원소

5. 옳은것은 ( )이다.

ㄱ) 화학결합능력은 전자쌍의 수에 의하여 결정된다.

ㄴ) 화학결합능력은 최외전자층에 있는 홑전자와 관련된다.

ㄷ) 화학결합능력은 최외전자층에 있는 전자쌍의 수에 의하여 결정된다.

ㄹ) 화학결합능력은 가장 낮은 에네르기준위에 있는 전자쌍의 수에 의하여 결정된다.

6. 옳은것은 ( )이다.

ㄱ) 1개의 s궤도와 2개의 p궤도가 혼성화되여 3개의 sp^2혼성궤도가 이루어진다. 그러므로 1개의 sp^2궤도는 다른 2개의 sp^2혼성궤도보다 에네르기준위가 낮다.

ㄴ) s궤도와 p궤도가 혼성화되여 2개의 혼성궤도가 이루어진다. 혼성궤도의 모양은 같고 크기는 다르다.

ㄷ) s궤도와 sp^3혼성궤도가 겹치여 σ궤도가 이루어진다.

ㄹ) sp^3혼성궤도와 p궤도가 겹치여 π궤도가 이루어진다.

7. 틀린것을 고쳐써라.

ㄱ) σ결합은 s궤도들, p궤도들이 겹쳐서만 이루어진다.

ㄴ) π결합은 s궤도들이 겹쳐져서 형성된다.

ㄷ) 2중결합은 2개의 σ결합으로 되여있다.

ㄹ) 3중결합은 3개의 π결합으로 이루어진다.

ㅁ) 3중결합은 3개의 p전자들에 의하여 이루어진다.

8. 옳은것은 ( )이다.

ㄱ) p궤도들은 π결합을 이루는데만 참가한다.

ㄴ) s궤도들은 σ결합과 π결합을 이루는데 다 참가할수 있다.

ㄷ) sp^3혼성궤도들은 π결합을 이루는데 참가할수 있다.

ㄹ) sp^2혼성궤도들은 σ결합을 이루는데만 참가한다.

비금속원소와 그 화합물

할로겐과 그 화합물
류황과 그 화합물
질소와 그 화합물
탄소와 그 화합물
비금속의 성질
화학비료
세멘트, 유리

제2장. 비금속원소와 그 화합물

멘델레예브원소주기표에서 비금속원소는 그 수가 금속원소에 비하여 적지만 우리 생활에서 없어서는 안될 중요한 원소들이다.

원소주기표에서 비금속원소들이 놓여있는 위치는 표 2-1과 같다.

주기표에서 비금속원소의 위치 표 2-1

주기 \ 족	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H																	
2														B	C	N	O	F
3													Al	Si	P	S	Cl	
4														Ge	As	Se	Br	
5															Sb	Te	I	
6																	At	
7																		

※ 수소 H와 붕소 B로부터 아스타틴 At를 련결한 대각선의 오른쪽 3각형에 놓이는 원소

이 장에서는 앞에서 배운 물질의 구조에 기초하여 비금속원소와 그 단순물 및 화합물들에 대하여 학습한다.

제1절. 할로겐과 그 화합물

우리 나라는 세면이 바다로 둘러싸여있으므로 바다자원이 풍부하다. 그속에 많이 포함된 할로겐원소와 그 화합물들을 적극 개발리용하는것은 경제건설을 다그치며 인민생활을 높이는데서 중요한 몫을 차지한다.(그림 2-1)

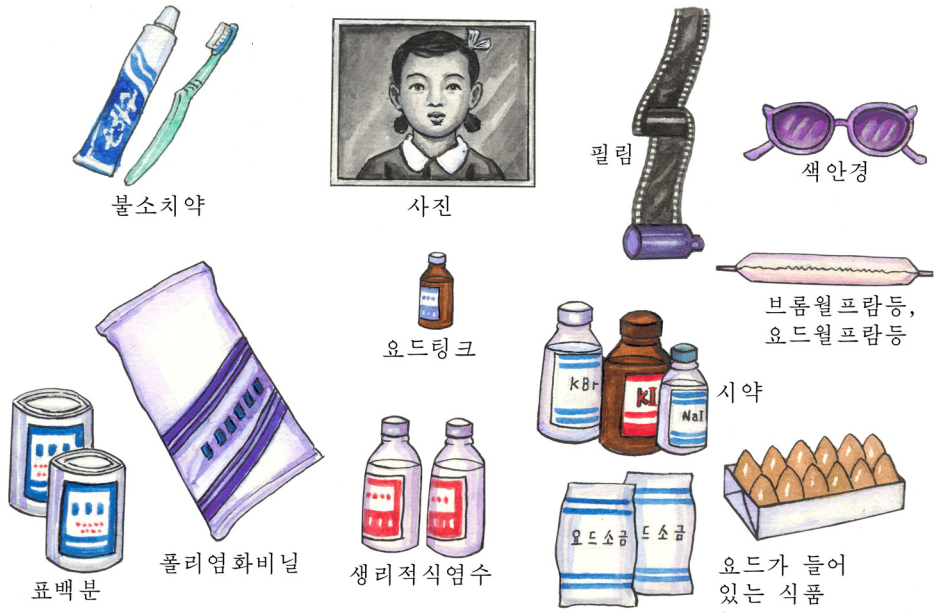



그림 2-1. 할로겐 및 그 화합물들의 용도

할로겐족원소와 그 단순물

주기표의 17족에 놓이는 할로겐족원소들은 모두 최외전자층에 7개(ns^2np^5)의 전자를 가지고있다.

그러므로 전기적음성이 센 원소들이며 자연계에 단순물로는 없고 화합물상태로만 존재한다.

ⓘ 원자번호가 커감에 따라 할로겐원소들의 전기적음성은 어떻게 변하는가? 왜 그런가?

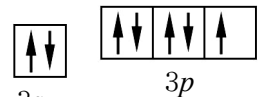
할로겐원소들의 전형적인 산화수는 -1, +7이고 이밖에 +1, +3, +5의 산화수도 가진다.(불소만은 -1)

그것은 ns궤도보다 에네르기준위가 좀 높은 np궤도에 전자가 5개 배치되여있기때문이다.(그림 2-2)

3s 3p

그림 2-2. Cl원자의 최외전자층 전자배치

할로겐단순물들은 모두 활성이 센 비금속이다. 할로겐단순물들은 모두 2원자분자(X_2)로 되여있으므로 무극성이며 따라서 물에 잘 용해되지 않는다.

할로겐단순물들의 물리성질은 표 2-2와 같다.

할로겐단순물들의 물리성질 표 2-2

단순물의 이름, 화학식	모임상태 (보통조건)	색	밀도/g·cm^{-3}	끓음점/℃
불소 F_2	기체	연한 풀색	1.08(액체)	-188
염소 Cl_2	기체	노란풀색	1.58(액체)	-34
브롬 Br_2	액체	붉은밤색	3.12	59
요드 I_2	고체	검은회색	4.94	185

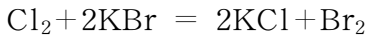
? 표 2-2에서 밀도, 끓음점이 원자번호가 커감에 따라 어떻게 변하는가? 왜 그런가?

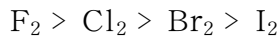
할로겐은 여러가지 물질들과 잘 반응한다.

? 염소와 동, 수소, 물과의 반응을 화학방정식으로 쓰고 염소가 산화제인가 환원제인가를 밝혀라.

할로겐은 질은 알카리나 염과도 반응한다.

$$Cl_2 + 2NaOH = NaCl + NaClO + H_2O$$

$$Cl_2 + 2KBr = 2KCl + Br_2$$

할로겐의 비금속으로서의 활성(산화제적성질)은 원자번호가 커질수록 작아진다.

$$F_2 > Cl_2 > Br_2 > I_2$$

요드와 건강

요드는 다시마, 미역 같은 바다나물속에 KI, KIO_3형태로 들어있다.

사람은 보통 매일 0.1~0.2mg의 요드를 섭취해야 한다. 사람의 몸에서 요드는 주로 갑상선에 존재하면서 몸안의 호르몬균형을 보장해주는 중요한 작용을 한다.

요드가 부족하면 갑상선병에 걸려 키가 자라지 못하고 지능이 심하게 떨어지며 여러가지 병에 쉽게 걸린다.

그러므로 요드가 많이 들어있는 바다나물식료품을 정상적으로 먹어야 한다. 요드부족증을 막기 위하여 요드가 들어있는 요드소금을 만들어먹기도 한다.

그러나 몸안에 요드가 너무 많이 들어있어도 건강에 나쁘다.

할로겐화수소

할로겐이 수소와 반응하면 할로겐화수소 HX가 얻어진다.

HX는 보통조건에서 모두 센 자극성냄새가 나는 무색기체이다.

HF로부터 HI로 가면서 할로겐화수소의 끓음점은 높아진다.(그림 2-3) 그것은 분자들사이의 반데르왈스힘이 점점 세지기때문이다.

그런데 불화수소 HF의 끓음점은 다른 할로겐화수소에 비하여 제일 낮은것이 아니라 오히려 특별히 높다. 그것은 수소결합때문이다.

그림 2-3. 할로겐화수소의 끓음점

그러면 수소결합이란 무엇인가.

HF에서 공유전자쌍은 전기음성도가 큰 F쪽에 쏠려있고 수소원자는 H^+에 가까운 상태에 있다.(그림 2-4) 이 수소원자와 그옆에 있는 다른 분자의 F원자사이에 끌힘이 작용하여 결합이 이루어진다.(그림 2-5)

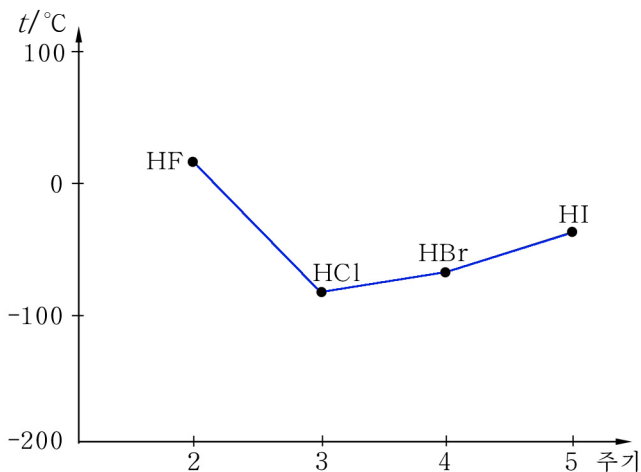
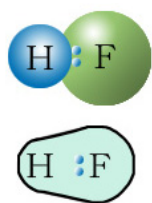



그림 2-4. HF의 전자구름쏠림

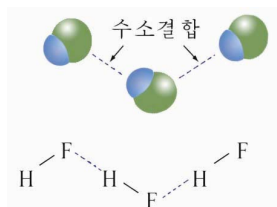



그림 2-5. HF에서의 수소결합

이와 같이 공유결합을 하고있는 전기음성도가 큰 원소(F, O, N)의 원자와 다른 분자의 수소원자사이에 이루어지는 결합을 **수소결합**이라고 부른다.

수소결합은 이온결합이나 공유결합보다 훨씬 약하다.

결합에네르기	
이온, 공유결합	125~545kJ/㏖
수소결합	12~30kJ/㏖
반데르왈스힘	4kJ/㏖

? 수소결합이 이온결합, 배위결합과 비슷한 점은 무엇인가?

불화수소에서는 극성분자인 HF분자들사이에 수소결합도 이루어지므로 특별히 끓음점이 높다.

참 고　　물의 특이한 성질

물은 다른 물질들과는 다른 특이한 성질을 가지고있다.

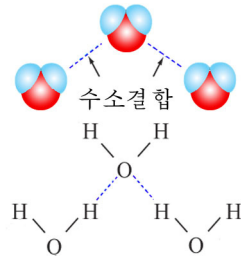
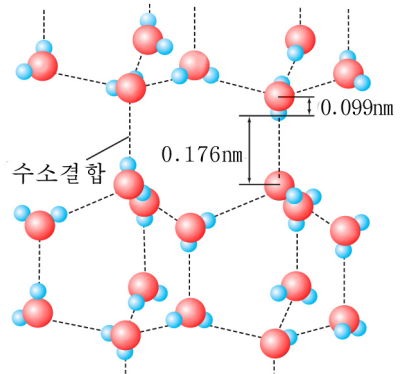
물의 밀도는 4℃에서 가장 크며 모든 액체들가운데서 물의 비열이 가장 크다. 그것은 물분자들사이에 수소결합이 이루어지기때문이다.(그림 2-6)

그림 2-6. 물에서의 수소결합

얼음의 구조를 보면 수소결합에 의하여 물분자 1개가 다른 물분자 4개와 바른4면체모양으로 결합되여있다.(그림 2-7) 결국 틈새가 많은 성긴 상태의 결정구조를 가지게 된다.

그림 2-7. 얼음의 구조

얼음이 녹아서 액체로 되면 이 공간구조가 무너지면서 결정틈새에 물분자가 스며든다. 따라서 한 물분자주위에 보다 많은 물분자가 모여들게 되며 결국 체적이 줄어든다. 한편 온도가 높아지면 물분자의 열운동이 활발해지면서 체적이 불어난다. 이 두 효과가 비기는 4℃에서 물의 체적은 제일 작아지고 밀도는 최대로 된다.

또한 물의 온도가 높아지려면 센 수소결합을 끊어야 하기때문에 물의 비열은 모든 액체들가운데서 가장 크다. 그러므로 물은 겨울에 난방용수로 쓰이며 자연계에서 기온을 조절하는 역할도 한다.

할로겐화수소는 모두 물에 잘 용해되며 그 수용액은 산성을 띤다.

? 할로겐화수소산들이 어떤 물질들과 반응하는가를 화학방정식으로 나타내여라.

할로겐화수소산 HX의 산성은 HF ≪ HCl < HBr < HI차례로 커진다.

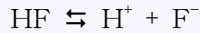
? 할로겐화수소산들의 세기가 우에서처럼 변하는것은 무엇때문인가? 그에 기초하여 안정성차례를 말하여라.

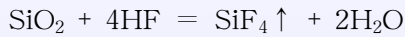
불산 HF의 산성

불소원소는 원자반경이 작고 전기음성도가 제일 크다.

그러므로 H-F결합의 극성은 매우 크며 수용액속에서 수소결합도 이루어지므로 세게 수화된다.

결합에네르기는 H-I결합(297kJ/㏖)의 2배정도(565kJ/㏖)이므로 잘 해리되지 않고 일부만이 해리된다.

$$HF \leftrightarrows H^{+} + F^{-}$$

따라서 HF는 산성이 약하며 산성산화물인 SiO_2과도 반응한다.

$$SiO_2 + 4HF = SiF_4\uparrow + 2H_2O$$

이 반응을 리용하여 유리그릇에 눈금이나 문양을 새긴다.(보통 유리의 조성에는 SiO_2이 있다.)

흔히 불산은 수지그릇이나 파라핀을 칠한 그릇 같은데 넣어둔다.

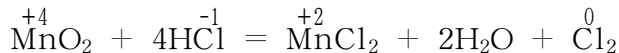
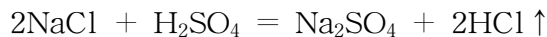
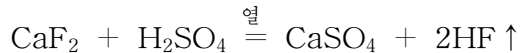
그림 2-8. HF에 의한 유리부식

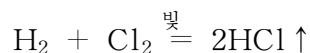
HX는 또한 할로겐원소가 제일 작은 산화수를 가지므로 환원제로 작용한다.

$$\overset{+4}{Mn}O_2 + 4H\overset{-1}{Cl} = \overset{+2}{Mn}Cl_2 + 2H_2O + \overset{0}{Cl_2}$$

할로겐화수소가운데서 HF와 HCl은 금속의 할로겐화물에 산을 작용시켜 만든다.

$$CaF_2 + H_2SO_4 \overset{열}{=} CaSO_4 + 2HF\uparrow$$

$$2NaCl + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HCl\uparrow$$

염화수소 HCl은 공업적으로 H_2과 Cl_2을 센 빛이 있는 조건에서 반응시켜 얻는다.

$$H_2 + Cl_2 \overset{빛}{=} 2HCl\uparrow$$

레제: 소금 11.7g에 류산을 충분히 작용시키면 20℃, 0.2MPa에서 염화수소기체가 몇L 생기겠는가?

풀이

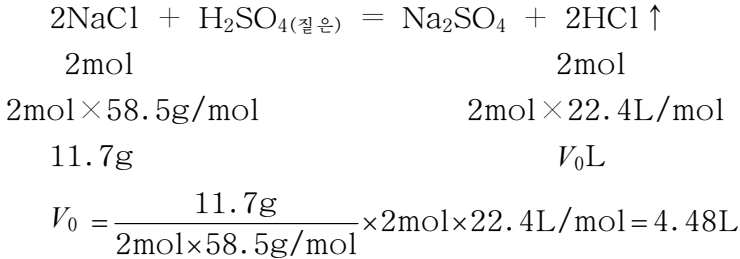
① 표준조건(0℃, 0.1MPa)에서 HCl기체 몇L가 생기겠는가?

$2NaCl + H_2SO_{4(\text{짙은})} = Na_2SO_4 + 2HCl\uparrow$

2mol 2mol

2mol×58.5g/mol 2mol×22.4L/mol

11.7g V_0L

$$V_0 = \frac{11.7g}{2mol \times 58.5g/mol} \times 2mol \times 22.4L/mol = 4.48L$$

② 20℃, 0.2MPa에서 HCl기체의 체적은 얼마인가?

리상기체의 상태방정식 $\frac{P_0V_0}{T_0} = \frac{P_1V_1}{T_1}$ 을 리용하자.

이때 $T_0 = 273K$, $P_0 = 0.1MPa$, $V_0 = 4.48L$

$T_1 = 293K$, $P_1 = 0.2MPa$

$$V_1 = \frac{P_0T_1V_0}{P_1T_0} = \frac{0.1MPa \times 293K \times 4.48L}{0.2MPa \times 273K} = 2.4L$$

답. 2.4L

할로겐의 옥소산

음성원소인 할로겐의 수산화물(XOH)은 모두 산성을 띠므로 옥소산이다.(불소는 제외) 옥소산에서 할로겐원소들은 +산화수를 가진다.

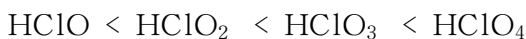
ⓘ 염소를 물에 용해시킬 때 일부 염소가 물과 작용하여 일어나는 반응을 화학방정식으로 나타내여라.

염소의 옥소산에는 차아염소산 HClO밖에 아염소산 $HClO_2$, 염소산 $HClO_3$, 과염소산 $HClO_4$이 있다.

ⓘ 염소의 옥소산들중에서 중심원소인 염소의 산화수는 각각 얼마인가?

산성의 세기는 중심원소의 산화수에 따라 달라진다.

중심원소의 산화수가 클수록 산성은 세진다.

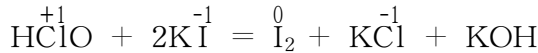
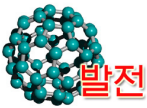
$$HClO < HClO_2 < HClO_3 < HClO_4$$

그것은 산화수가 클수록 중심원소 X와 결합한 산소원자수가 많아지기때문이다. 산소원자수가 많을수록 X가 수산기 OH에서 산소의 전자를 더 세게 끌어당기며 따라서 H^+가 더 잘 해리되여 산성이 세진다.

또한 산화수가 같은 경우에는 중심원소의 원자번호가 클수록 산성이 약해진다.

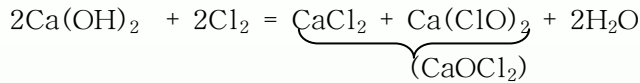
$$HClO > HBrO > HIO$$

ⓘ Cl → Br → I로 가면서 옥소산의 세기가 약해지는 리유를 설명하여라.

할로겐의 옥소산들은 모두 센 산화제이다.

$$H\overset{+1}{Cl}O + 2K\overset{-1}{I} = \overset{0}{I_2} + K\overset{-1}{Cl} + KOH$$

차아염소산과 그 염들은 센 산화제이므로 음료수소독과 종이, 섬유의 표백에 쓰인다.

표백분

표백분은 석회유에 염소기체를 흡수시켜 만든다.

$$2Ca(OH)_2 + 2Cl_2 = \underbrace{CaCl_2 + Ca(ClO)_2}_{(CaOCl_2)} + 2H_2O$$

독특한 냄새를 풍기는 흰 가루인데 그 냄새는 공기중의 CO_2과 작용하여 생기는 차아염소산때문이다.

$$Ca(ClO)_2 + H_2O + CO_2 = CaCO_3 + 2HClO$$

이 과정은 빛을 쪼이거나 가열하면 더 잘 일어나므로 표백분은 누기없고 빛이 들지 않는 찬 곳에 잘 포장하여 건사해야 한다.

이 반응에서 생긴 HClO가 산화작용을 하므로 표백제, 살균제로 쓰인다.

표백분에는 보통 반응하지 않은 $Ca(OH)_2$이 있어서 안정제로 작용한다.

이외에도 여러가지 표백제들이 있다.

산화표백제; Cl_2, H_2O_2, ClO_2

환원표백제; SO_2, Na_2SO_3, $NaHSO_3$

할로겐의 옥소산염인 $KClO_3$도 센 산화제이다.

열주면 산소를 내면서 분해되므로 산소와 성냥을 만드는데 쓰인다.

할로겐화물

할로겐화수소 HX는 산성을 가지므로 금속과 반응하여 할로겐화물을 만든다.

금속의 할로겐화물들은 대체로 물에 잘 용해된다.

은의 할로겐화물가운데서 AgF만이 물에 잘 용해되고 나머지는 용해되지 않는다.

① NaCl용액, NaBr용액과 KI용액이 각각 들어있는 세 시험관에 $AgNO_3$용액을 한두방울씩 떨구어넣는다.

나타나는 현상을 관찰하고 비교하여라.

② 이 세 시험관에 각각 적은 량의 묽은 질산을 넣고 변화를 관찰하여라.

세 시험관에서 각각 생긴 흰색, 연한 누런색, 누런색침전물들은 묽은 질산에도 용해되지 않는다.

$Ag^{+} + Cl^{-} = AgCl$(흰색)

$Ag^{+} + Br^{-} = AgBr$(연한 누런색)

$Ag^{+} + I^{-} = AgI$(누런색)

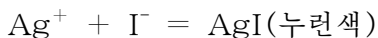
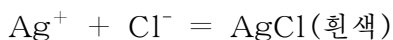
이 반응들은 할로겐이온들의 검출에 리용된다.

AgCl　　AgBr　　AgI

그림 2-9. 할로겐화은의 침전물

AgBr, AgCl은 태양빛을 받으면 Ag로 분해되여 검게 되므로 사진재료로 쓰인다.

AgI알갱이를 대기중에 뿌리면 인공적으로 비나 눈이 내리게 할수 있다.

변색유리

AgBr(또는 AgCl)과 적은 량의 CuO이 들어있는 유리는 변색유리의 일종이다.

이런 유리가 태양빛이나 자외선을 받으면 AgBr이 분해되면서 은원자가 생긴다.

생긴 Ag원자들이 보임빛을 세게 흡수하므로 유리는 진한 검은회색으로 변한다. 변색된 유리를 어두운 곳에 놓으면 CuO의 촉매작용으로 Ag가 다시 AgBr로 된다. 이때 Ag^{+}는 빛을 흡수할수 없으므로 유리는 다시 무색의 투명한 유리로 변한다. 이러한 변색유리로 색안경의 알을 만들거나 창문유리를 만들수 있다.

문 제

1. 다음 빈자리에 알맞는 글을 써넣어라.

ㄱ) 할로겐족원소에는 ____가 속하며 그것들의 최외전자수는 ____이다. 그러므로 화학반응에서 할로겐원자들은 쉽게 전자를 ____므로 ____원소이다.

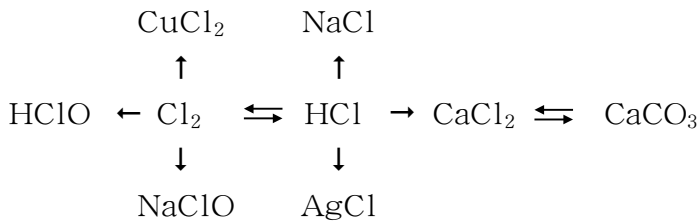
ㄴ) 할로겐단순물들은 활성이 큰 _____이며 원자번호가 커짐에 따라 그것들의 활성이 _____진다. 할로겐단순물들가운데서 산화제적성질이 제일 ______므로 어두운데서도 수소와 세차게 반응하는것은 _____이다. 반대로 할로겐염의 할로겐을 치환할수 없는것은 ____이다.

ㄷ) 할로겐화수소가운데서 제일 안정한것은 ____이고 그 수용액의 산성이 제일 센것은 ____이다.

ㄹ) 112mL(표준조건)의 어떤 기체상태의 할로겐화수소를 물에 용해시켜 25mL의 용액을 만들었다. 용액의 몰농도는 ____이다.

ㅁ) 불소치약에는 적은 량의 불화나트리움 NaF가 들어있다.
이 물질의 해리방정식은 ____이다. 치솔질을 할 때 NaF와 이발에 있는 수산린회석 $Ca_5(PO_4)_3OH$이 반응하여 불소린회석 $Ca_5(PO_4)_3F$이 생긴다. 이 물질은 이발새에 끼운 음식물이 발효되면서 생긴 유기산이 이발을 부식시키는것을 막아주므로 입안병을 방지할수 있다. 이 물질이 생기는 화학방정식은 _____이다.

2. 다음의 변화를 화학방정식으로 나타내여라.

$$
\begin{array}{ccccccccc}
 & & CuCl_2 & & NaCl & & & & \\
 & & \uparrow & & \uparrow & & & & \\
HClO & \leftarrow & Cl_2 & \leftrightarrows & HCl & \rightarrow & CaCl_2 & \leftrightarrows & CaCO_3 \\
 & & \downarrow & & \downarrow & & & & \\
 & & NaClO & & AgCl & & & &
\end{array}
$$

3. 다음 현상의 원인을 설명하여라.

ㄱ) 젖은 색종이가 든 병에 염소기체를 불어넣으면 색종이가 퇴색된다.

ㄴ) 브롬수를 오래동안 보관하면 붉은밤색이 없어진다.

ㄷ) 두 쪼각의 감자에 각각 술과 요드팅크를 떨구면 어느 한쪼각이 검푸른색으로 된다.

ㄹ) 사탕가루와 염소산칼리움을 섞고 짙은 류산을 떨구면 폭발적으로 반응하면서 불길이 일어난다.

4. 네개의 병에 염소, 브롬화나트리움, 염화수소, 질산은의 수용액들이 각각 들어있다. 어느 병에 어떤 용액들이 들어있는가를 알아내여라.

5. 어떤 연망간광속의 MnO_2의 함량은 78%이다. 이 광석 150g에 충분한 량의 짙은 염산을 반응시킬 때 얻어지는 염소의 체적은 30℃, 0.5MPa에서 얼마인가?(광석속의 다른 성분은 염산과 반응하지 않는다고 본다.) (답. 6.69L)

6. 어떤 농도의 NaOH용액 400mL와 Cl_2 5.8L(표준조건)가 완전히 반응하였다. 얻어진 NaClO의 물질량과 처음 NaOH용액의 몰농도를 구하여라. (답. 0.26mol, 1.3mol/L)

7. 6.38g의 $NaNO_3$, NaCl, Na_2CO_3의 혼합물을 물에 용해시키고 그 용액에 1mol/L $AgNO_3$용액을 34.7mL 넣었더니 침전물이 더는 생기지 않았다. 려과한 후 침전물에 묽은 질산을 충분히 작용시켰더니 135mL(표준조건)의 기체가 생겼다. 처음 혼합물속의 NaCl의 함량을 구하여라. (답. 20.8%)

제2절. 류황과 그 화합물

자연계에 류황은 단순물로도 있고 류화물이나 류산염형태의 화합물로도 있다.(땅껍데기에 질량으로 0.03%)

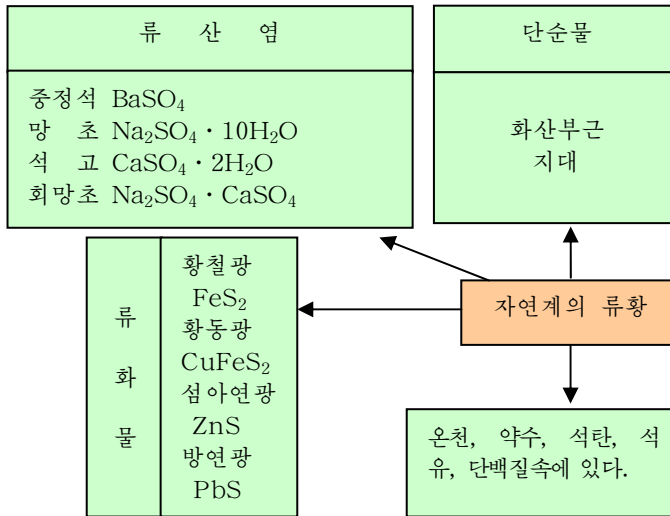



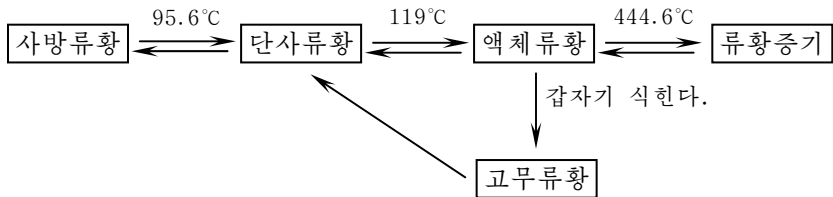
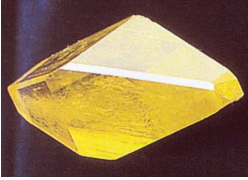
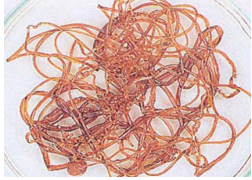
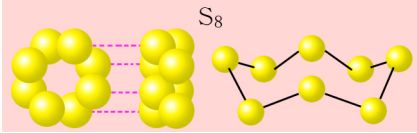
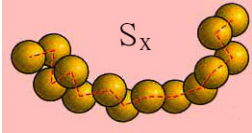
그림 2-10. 자연계의 류황

류황원소와 그 단순물

? 류황원소의 원자의 전자배치를 궤도기호로 나타내여라.

전자배치로부터 류황은 전기적음성이 세며 산화수는 -2, +4, +6이다.

? 산화수가 -2인 류황의 수소화합물, 산화수가 +4, +6인 류황의 산화물의 화학식을 쓰라.

류황은 음성원소이므로 그 단순물은 비금속이다.
류황에는 사방류황, 단사류황, 고무류황과 같은 여러가지 동소체들이 있다.
류황의 동소체들은 온도를 변화시키면 서로 전환된다.

류황의 동소체들은 모두 류황원자들사이에 공유결합을 하고있으며 그것들의 물리성질은 서로 다르다.

류황의 물리성질 표 2-3

동소체	사방류황	단사류황	고무류황
실물			
분자구조	S_8		S_x
색	노란색	연한 노란색	연한 밤색
밀도/g·cm^{-3}	2.07	1.96	1.92
녹음점/℃	112.8	119	-
안정성	보통온도에서 안정	95.6~119℃ 사이에서 안정	안정하지 못하다.

? 동소체란 무엇이며 그 물리성질은 왜 서로 다른가?

사방류황과 단사류황은 S_8분자들이 모여서 이루어진 분자결정이다.
그러나 고무류황은 10^3~10^6개의 류황원자가 사슬모양으로 련결되여 큰 분자를

이루었으므로 튐성을 가진다.

사방류황, 단사류황의 물리성질이 다른것은 그것들의 결정구조가 다르기때문이다.

※ 룩방체모양의 사방류황, 바늘모양의 단사류황, 무정형체인 고무류황을 통털어 S로 나타낸다. 류황김도 2 000℃이상에서는 류황원자만으로 되여있다.

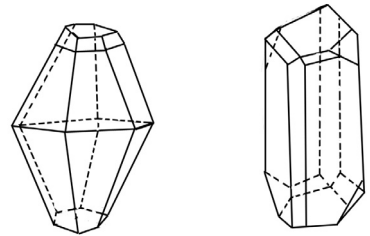
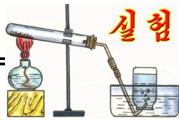
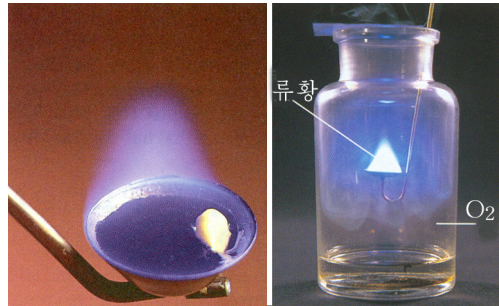



그림 2-11. 류황의 결정모양

류황은 활성이 비교적 센 비금속이다.

류황의 연소

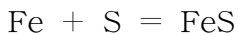
① 연소숟가락에 류황을 조금 담고 알콜등의 불길로 가열한다.

② 파란 불이 붙을 때 산소기체가 들어있는 병에 이것을 넣어본다.

어떤 변화가 일어나는가?

? 류황과 산소와의 반응을 화학방정식으로 쓰고 산화제, 환원제를 밝혀라.

류황은 높은 온도에서 여러가지 금속, 비금속들과 직접 화합한다.

$$Fe + S = FeS$$

$$C + 2S = CS_2$$

류화철 FeS와 같은 금속과 류황과의 화합물을 **류화물**이라고 부른다.

류황은 쓰이는데가 많다.(그림 2-12)

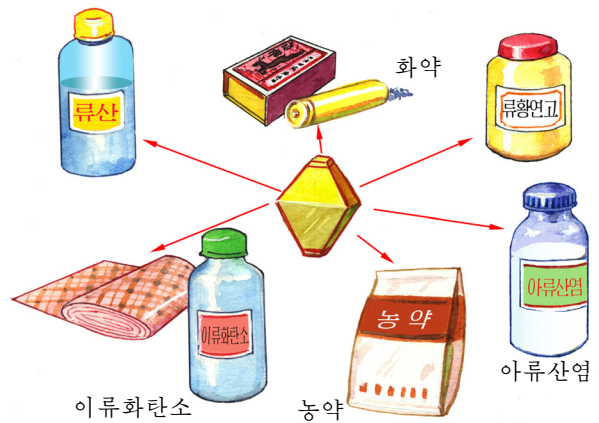
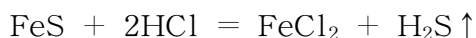



그림 2-12. 류황의 용도

류화수소

류화철과 같은 류화물에 산을 작용시키면 류화수소가 생긴다.(그림 2-13)

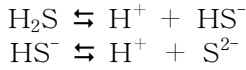
$$FeS + 2HCl = FeCl_2 + H_2S\uparrow$$

류화수소는 닭알썩은 냄새가 나는 무색의 기체이다. 공기보다 무겁고 매우 센 독작용을 한다. 류화수소는 물에 용해된다.(20℃에서 물 1L에 2.91L)

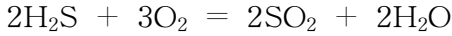
류화수소의 수용액(류화수소수)은 약한 산성을 나타내므로 **류화수소산**이라고 부른다.

※ 류화수소산은 탄산보다 약한 산이다. 물에 용해되면 일부 분자들이 두 단계로 해리된다.

$$H_2S \leftrightharpoons H^+ + HS^-$$
$$HS^- \leftrightharpoons H^+ + S^{2-}$$

그림 2-13. 류화수소 만들기

주의 류화수소는 혈색소를 심히 파괴하므로 반드시 통풍실에서 실험하여야 한다.

류화수소에 불을 달면 공기속에서 푸른 불길을 내면서 탄다.

$$2H_2S + 3O_2 = 2SO_2 + 2H_2O$$

공기가 부족할 때와 수용액에서는 산소와 반응하여 류황이 생기게 된다.

? 이 반응을 화학방정식으로 쓰고 산화제, 환원제를 밝혀라.

이렇게 생긴 류황은 살균작용을 하므로 H_2S가 용해된 류황온천은 피부병을 비롯한 병치료에 좋다.

류화수소는 많은 금속이온들과 반응하여 특징적인 색을 띤 금속류화물을 만든다.

? 류화수소와 염화동과의 반응을 이온방정식으로 나타내여라.

류화물의 색과 용해성 표 2-4

금속이온	침전물의 조성과 색	용해성
K^+, Ca^{2+}, Na^+, Mg^{2+}, Al^{3+}	침전물이 생기지 않는다.	물과 산에 용해된다.
Mn^{2+} Zn^{2+} Fe^{2+} Cd^{2+} Ni^{2+} Sn^{2+}	MnS 살색 ZnS 흰색 FeS 검은색 CdS 노란색 NiS 검은색 SnS 밤색	물에 용해되지 않는다. 산에는 용해된다.
Pb^{2+}, Cu^{2+}, Hg^{2+}, Ag^+	PbS, CuS, HgS, Ag_2S 검은색	물과 산에 용해되지 않는다.

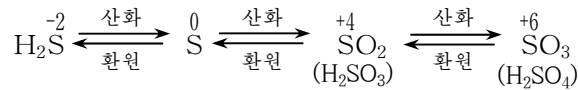
※ 산에 용해되는 류화물의 침전물을 얻자면 $(NH_4)_2S$를 리용한다.

류화물의 색과 용해성을 리용하여 금속이온을 알아내거나 갈라낼수 있다.

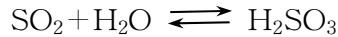
? 용액에 Fe^{2+}와 Cu^{2+}가 들어있다. 어떻게 하면 두 이온을 갈라내겠는가?

H_2S는 환원제이므로 그것을 산화시켜 류황과 그 산화물들을 얻을수 있다.

이때 다음의 관계가 성립한다.

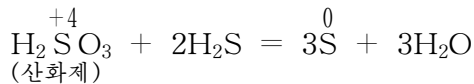
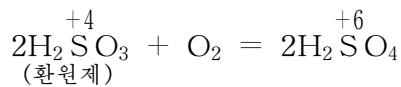
$$\overset{-2}{H_2S} \underset{\text{환원}}{\overset{\text{산화}}{\rightleftarrows}} \overset{0}{S} \underset{\text{환원}}{\overset{\text{산화}}{\rightleftarrows}} \underset{(H_2SO_3)}{\overset{+4}{SO_2}} \underset{\text{환원}}{\overset{\text{산화}}{\rightleftarrows}} \underset{(H_2SO_4)}{\overset{+6}{SO_3}}$$

류황의 옥소산과 옥소산염

아류산 H_2SO_3은 SO_2을 물에 용해시킬 때 얻어지는 불안정한 산이다.

$$SO_2+H_2O \rightleftarrows H_2SO_3$$

? 아류산과 수산화나트리움과의 반응을 화학방정식으로 나타내여라.

아류산에서 류황의 산화수는 +4이므로 산화제로도, 환원제로도 된다.

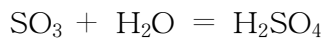
$$\underset{(\text{환원제})}{2H_2\overset{+4}{S}O_3} + O_2 = 2H_2\overset{+6}{S}O_4$$

$$\underset{(\text{산화제})}{H_2\overset{+4}{S}O_3} + 2H_2S = \overset{0}{3S} + 3H_2O$$

아류산염들가운데서 Na_2SO_3 같은 알카리금속의 염, 암모니움염만이 물에 잘 용해된다.

아류산바리움 $BaSO_3$은 흰 고체물질로서 물에는 용해되지 않지만 염산에는 용해된다. 이 성질을 리용하여 SO_3^{2-}와 SO_4^{2-}이온을 갈라볼수 있다.

아류산과 그 염들은 환원제적성질이 세므로 표백제로 인조섬유와 종이를 만드는데 쓰인다.

류산 H_2SO_4은 SO_3을 물에 작용시켜 만든다.

$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$

? 묽은 류산과 아연, 수산화바리움과의 반응을 화학방정식으로 나타내여라.

짙은 류산은 묽은 류산과 달리 센 산화제로 작용한다.(그림 2-14)

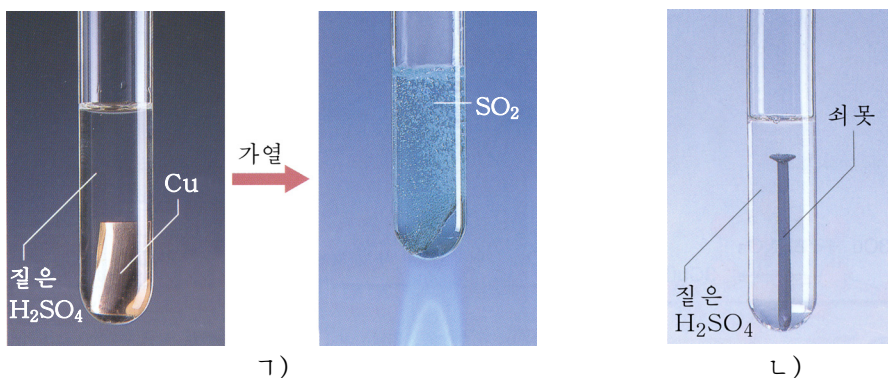
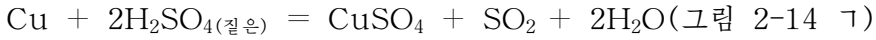



그림 2-14. 짙은 류산의 산화작용

질은 류산은 활성이 작은 동과 같은 금속뿐아니라 비금속과도 반응한다.

$$Cu + 2H_2SO_{4(질은)} = CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$ (그림 2-14 ㄱ)

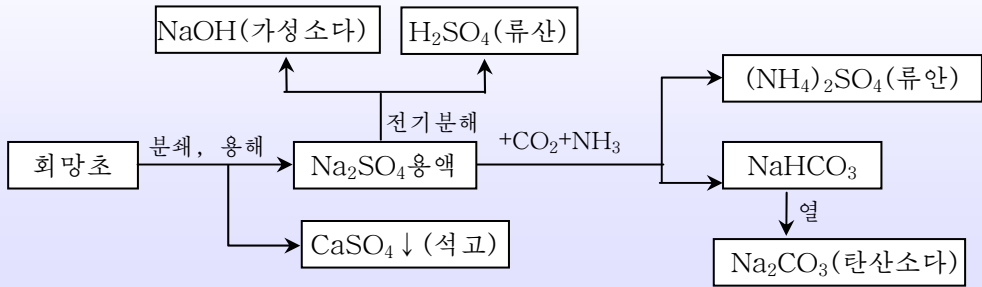
$$C + 2H_2SO_{4(질은)} = CO_2 + 2SO_2 + 2H_2O$$

질은 류산은 철과는 작용하지 않는다. 그것은 질은 류산의 산화작용으로 철겉면에 매우 든든한 산화물막이 생기기때문이다. 이런것을 **부동태화**라고 한다.(그림 2-14 ㄴ)

류산염들은 대체로 물에 잘 용해되는데 잘 용해되지 않는것(례: $BaSO_4$, $CaSO_4$)도 있다.

류산바리움 $BaSO_4$은 산에도 용해되지 않고 X선을 투과시키지 않으므로 의료부문에서 바리움투시를 하는데 그리고 흰색안료로도 쓰인다.

류산칼시움 $CaSO_4$은 흰색고체로서 그 결정수화물($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)을 석고라고 한다. 석고를 가열하면 결정수를 일부 잃었다가 다시 물을 붓고 반죽해놓으면 인차 응고된다. 이 성질을 리용하여 각종 모형과 치료용석고붕대를 만든다.

참고 — 회망초를 리용한 물질생산

회망초($Na_2SO_4 \cdot CaSO_4$)는 우리 나라에 많이 매장되여있는 귀중한 자원이다. 회망초를 화학적으로 가공하여 여러가지 물질들을 생산할수 있다.

참고 — 산소족원소와 그 발견

원소주기표의 16족에 놓이는 산소 O, 류황 S, 셀렌 Se, 텔루르 Te, 폴로니움 Po를 산소족원소라고 한다. 그가운데서 첫 4개의 원소들을 할코겐이라고 부른다. 그것은 이 4개의 원소들을 모두 동을 만들 때 동광석속에서 얻을수 있었기때문에 그리스어로 chalo(동)과 gen(만들다)로부터 지은 이름이다.

산소와 류황은 오래전부터 알려지고 리용되였지만 셀렌은 1817년에야 류산공장의 $PbSO_4$을 얻는 침전물속에서 발견되였다. 그 성질이 이미 발견된 텔루르(그리스어로 《지구》)와 비슷하므로 달을 의미하는 이름을 붙였다.

폴로니움 Po는 뽈스까화학자 퀴리부인이 1898년에 천연우라니움광물에서 그 광물의 우라니움함유량으로 예견되는 값보다 더 센 방사능이 나온다는것을 포착하고 발견한 천연방사성원소이다.

문 제

1. 다음 빈자리에 알맞는 글을 써넣어라.

ㄱ) 산소족원소란 ____ 같은 원소를 말한다.

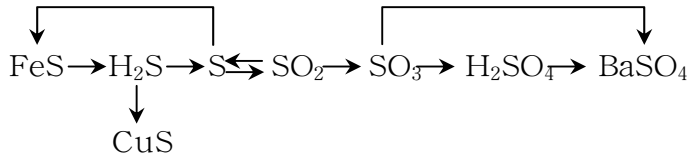
제4주기에 있는 산소족원소는 ____이며 그것의 K, L, M, N전자층에는 각각 전자가 ____개 있다. 그 원소의 수소화합물의 화학식은 ____이고 최대산화수를 가지는 수산화물의 화학식은 ____이다.

ㄴ) 류황의 ____과 같은 동소체들가운데서 가장 안정한것은 ____류황이다.

류황은 활성이 ____ 비금속이므로 금속, ____과 직접 반응한다. 산소보다 ____이 약하므로 산소와 반응할 때 ____로 작용한다.

ㄷ) 질은 류산은 ____성을 가지므로 일부 기체를 건조시키는데 쓰인다. 또한 ___작용을 하므로 종이나 톱밥을 검게 하며 ____이므로 동과도 반응한다.

ㄹ) 한가지 시약만 사용하여 Na_2SO_4, $AgNO_3$, Na_2CO_3용액을 알아낼수 있다. 이 시약은 ____이다.

2. 다음 변화를 화학방정식으로 나타내여라.

3. 다음것들가운데서 틀린것은 ( )이다.

ㄱ) 류황의 동소체들은 구조가 다르므로 물리성질도 다르다.

ㄴ) 수소는 일정한 조건에서 류황과 반응하는데 이때 산화제로 작용한다.

ㄷ) 류화수소를 불태우고 불길가까이에 물에 적신 푸른 리트머스지를 가져다대면 붉은색으로 변한다.

ㄹ) 파염소산의 산성은 류산의 산성에 비하여 세다.

ㅁ) 이산화류황과 염소를 같은 물질량만큼 혼합한 후 젖은 색종이에 통과시키면 표백되지 않는다.

4. Zn^{2+}, Cd^{2+}, Pb^{2+}를 포함하는 용액이 따로따로 있다. 세 용액을 서로 가려보려면 어떤 실험을 해야 하는가?

5. 철가루 21g과 류황 8g을 섞어서 열주면 몇g의 류화철이 생기는가?

이 류화철에 염산을 충분히 작용시키면 20℃, 0.3MPa에서 몇L의 류화수소를 얻을수 있는가? (**답.** 22g, 2L)

6. 동과 질은 류산을 반응시켜 얻은 SO_2의 체적은 4.5L(표준조건)이다. 이때 환원된 류산의 물질량은 얼마인가? 반응에서 얻은 $CuSO_4$으로 500mL의 용액을 만든다면 그 용액의 몰농도는 얼마인가? (**답.** 0.2mol, 0.4mol/L)

7. 류산동의 용해도는 60℃에서 40g/100g·물, 30℃에서 25g/100g·물이다. 60℃의 포화용액 100g을 30℃까지 식히면 류산동결정($CuSO_4 \cdot 5H_2O$)이 몇g 석출되는가? (답. 19.48g)

제3절. 질소와 그 화합물

질소는 단순물상태로 공기속에 약 78%정도 들어있다. 또한 단백질의 구성원소로서 생물체에도 많이 들어있고 광석속에도 들어있다.(KNO_3, $NaNO_3$)

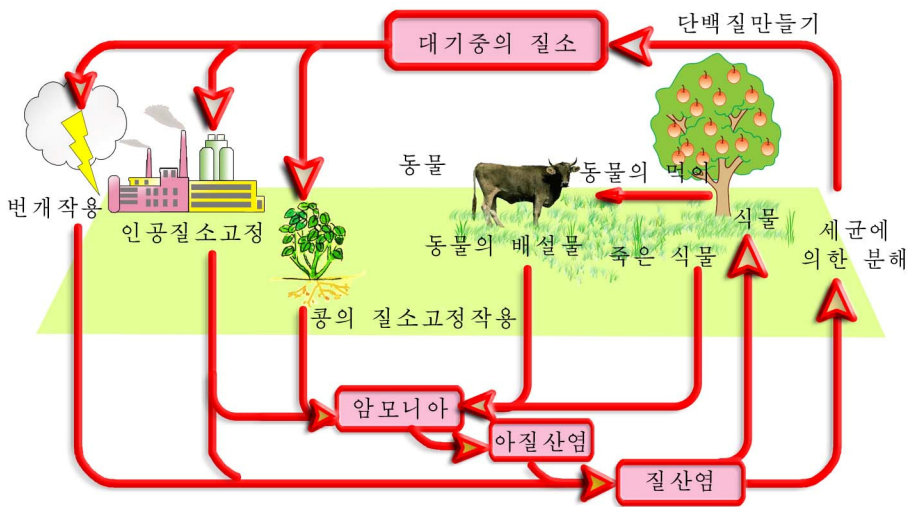



그림 2-15. 질소의 고정

ⓘ 공기중에서 질소의 함량이 왜 변하지 않는가를 그림을 보고 설명하여라.

질소원소와 그 단순물

ⓘ 질소의 전자배치를 궤도방모형으로 나타내고 음성원소인가 양성원소인가를 말하여라.

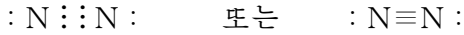
전자배치로부터 질소의 전형적인 산화수는 -3, +5이고 이밖에 +1-+4의 산화수도 있다.

ⓘ 산화수가 -3인 질소의 수소화합물과 +3, +5인 질소의 수산화물의 화학식을 쓰라.

질소는 음성원소이므로 그 단순물은 공유결합으로 이루어진 비금속이다.

질소는 할로겐처럼 2원자분자로 이루어진 단순물이다.(N_2)

질소분자에서는 두개의 질소원자가 3중결합으로 든든히 결합되여있다.

$$:N\vdots\vdots N: \quad \text{또는} \quad :N\equiv N:$$

? N_2분자에서의 3중결합은 어떤 궤도들사이에 이루어지는 공유결합인가?

질소의 3중결합은 아주 견고하므로 질소분자는 특별히 안정하다.

? 질소의 물리성질을 말하여라.

질소는 반응성이 매우 약하므로 보통조건에서는 다른 물질들과 거의 반응하지 않는다. 높은 온도와 촉매가 있는 조건에서만 다른 물질들과 직접 반응한다.

$N_2+3H_2=2NH_3$ (촉매, 높은 온도)

$N_2+CaC_2=CaCN_2+C$ (촉매, 높은 온도)

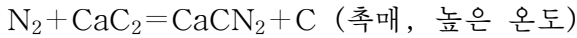
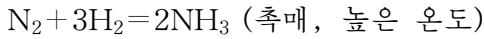
$N_2+O_2=2NO$ (번개칠 때 또는 4 000℃이상)

그러므로 질소는 암모니아와 질소비료를 만드는 원료로, 전구나 통졸임의 산화방지기체로, 랭동마취제로 쓰인다.(그림 2-16)

그림 2-16. 질소의 용도

참고 질소의 발견

질소는 1772년 영국의 물리화학자 라더퍼드가 발견하였다. 이 기체속에서는 불도 붙지 않으며 동물도 질식되여 살수 없다. 그러므로 《생명(호흡)을 돕지 않는다》는 그리스말로부터 질소(azot)라고 불렀다.

그러나 실지로 질소원소가 없는 생명이란 있을수 없다.

공업적으로 질소는 공기를 액화하고 증류시키는 방법으로 갈라낸다.(그림 2-17)

압축기에서 공기를 20MPa이상으로 압축한다. 이때 기체의 온도가 올라간다. 랭각기에서 압축공기를 보통온도로 식히고 열교환기를 거쳐 급속히 팽창시키면 온도가 낮아지면서 공기의 일부는 액화된다. 액화되지 않은 찬 공기는 열교환기를 지나면서 들어오는 압축공기의 온도를 -150℃정도로 낮추어준다. 이런 과정을 되풀이하여 액체공기를 만든다.

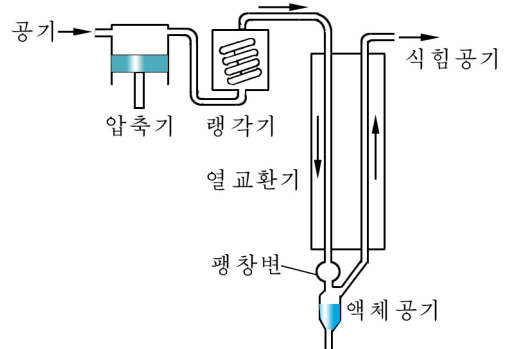



그림 2-17. 공기의 액화

이렇게 공기를 압축팽창시켜 먼저 액체로 만들고 그것에 열주면 산소와 질소가 서로 갈라진다.(질소의 끓음점 -196℃, 산소의 끓음점 -183℃)

공기속에서 질소를 갈라내는 다른 한가지 방법은 공기속의 산소를 다른 물질과 반응시켜 없애는것이다.(그림 2-18)

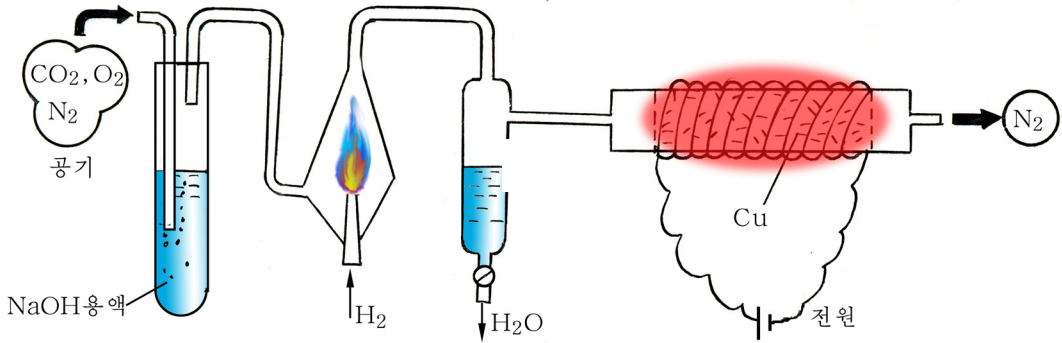
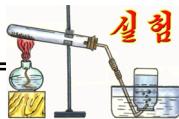



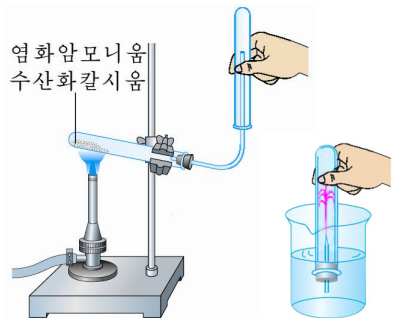
그림 2-18. 공기중에서 산소를 없애는 방법으로 질소만들기

? 그림 2-18을 보고 질소만들기원리를 화학방정식을 쓰면서 설명하여라. 이 방법은 N_2과 O_2의 성질에서 어떤 차이를 리용한것인가?

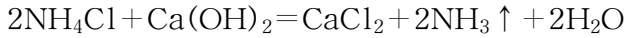
암모니아 NH_3

암모니아는 동물의 배설물이 분해될 때 생기는 코를 찌르는 냄새가 나는 무색기체이다.

실험실에서 암모니아를 만들고 그 성질을 알아보자.

① 염화암모니움에 수산화칼시움(소석회)을 섞고 열줄 때 생기는 암모니아를 시험관에 모은다. 이때 암모니아의 색과 냄새를 관찰한다.

② 암모니아를 모은 시험관을 페놀프탈레인을 넣은 물그릇에 거꾸로 세운다. 어떤 변화가 일어나는가를 관찰한다.

주의 가열할 때 시험관 아래부분을 수평보다 약간 높게 설치해야 한다.

암모니아는 염화암모니움에 소석회를 작용시켜 만든다.

$$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 = CaCl_2 + 2NH_3\uparrow + 2H_2O$$

ⓘ 암모니아는 왜 거꾸로 세운 시험관에 모아야 하는가? 암모니아기체가 들어있는 시험관안으로 분홍색의 물기둥이 올라가는것은 암모니아의 어떤 성질을 보여주는가?

암모니아는 물에 잘 용해된다.(보통온도에서 물 1L에 700L)

또한 끓음점, 녹음점이 높고 20℃, 0.85MPa에서 쉽게 액화된다.

암모니아가 물에 잘 용해되며 쉽게 액화되는것은 암모니아의 분자구조와 관계된다.(그림 2-19)

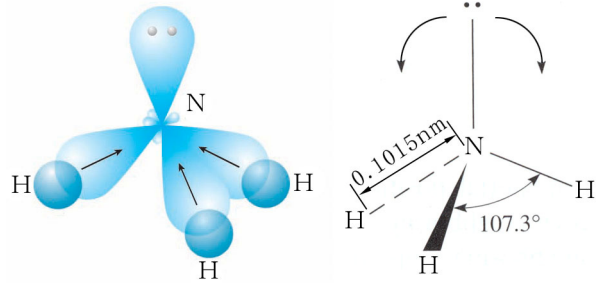
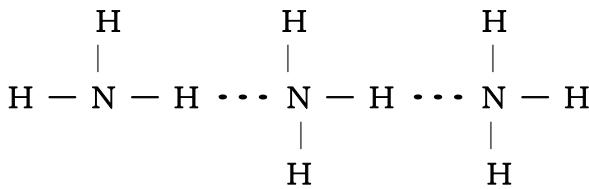



그림 2-19. NH_3의 분자모형

암모니아분자에서 질소원자에는 4개의 sp^3혼성궤도가 있다. 그가운데서 3개는 수소원자의 s궤도와 공유결합을 이룬다. 나머지 하나의 sp^3혼성궤도에는 비공유전자쌍이 놓인다. 이것이 다른 공유전자쌍의 전자구름을 세게 밀어주므로 N-H사이의 결합각은 109° 28′ 이 아니라 107.3° 로 된다. 결국 암모니아분자는 N-H결합이 극성을 띠고있고 분자가 3각추모양이므로 전체적으로 극성분자이다. 더우기 N-H결합의 큰 극성으로 하여 분자사이에 수소결합이 이루어진다.

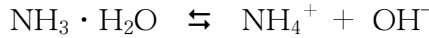
```
    H          H          H
    |          |          |
H — N — H ··· N — H ··· N — H
               |          |
               H          H
```

물분자의 구조

산소원자의 전자배치로부터 물분자의 결합각은 90° 라고 생각할수 있다. 그러나 실지로 물분자에서의 결합각은 104.5° 이다.

물분자에서 산소원자는 어떤 혼성화상태에 있어야 하는가?

물분자의 구조를 전자구름으로 나타내고 결합각이 104.5° 인 리유를 설명하여라.

암모니아는 수용액에서 일부가 물과 작용하여 OH^-을 내므로 약한 염기성을 나타낸다.

$$NH_3 \cdot H_2O \leftrightarrows NH_4^+ + OH^-$$

그러므로 암모니아는 산과 반응하여 암모니움염을 만든다.

$$NH_3 + HCl = NH_4Cl$$

특히 짙은 염산과 반응할 때 흰 연기가 생기므로 NH_3을 알아낼수 있다.

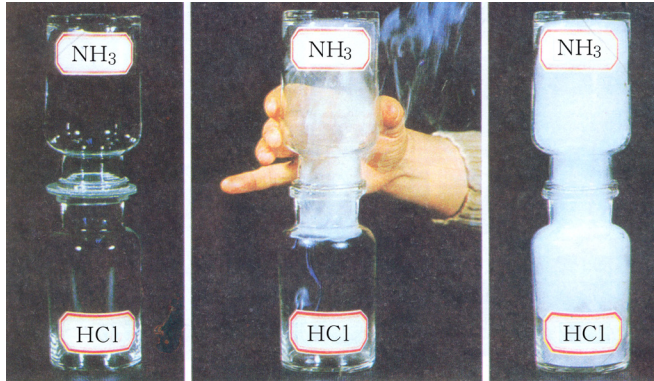
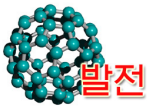
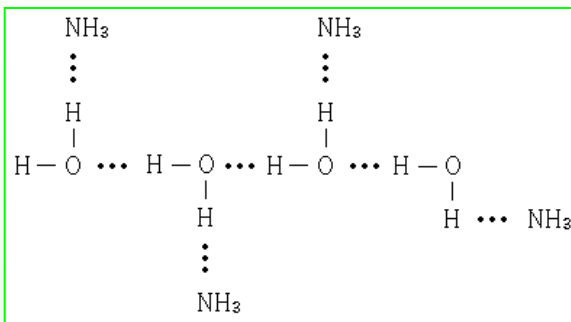



그림 2-20. NH_3과 HCl과의 반응

암모니아의 염기성

암모니아수에서는 NH_3과 H_2O가 수소결합을 하고있으므로 화학식을 $NH_3 \cdot H_2O$로 쓴다.

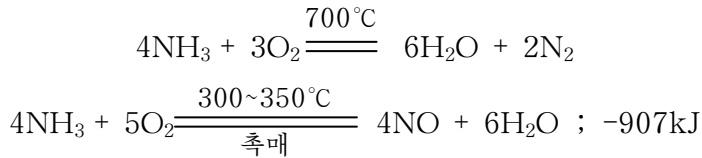
```
  NH3                     NH3
   ⋮                       ⋮
   H                       H
   |                       |
H — O ··· H — O ··· H — O ··· H — O
              |                   |
              H                   H ··· NH3
              ⋮
             NH3
```

수용액에서 암모니아분자는 물분자의 H^+를 끌어당겨 OH^-를 내보내며 결국 염기성을 띠게 된다. 이로부터 양성자(H^+)의 견지에서 보면 염기는 H^+를 받아들이는 물질이고 산은 H^+를 내보내는 물질이다.

실례로 반응 $NH_3 + H_2O \leftrightarrows NH_4^+ + OH^-$에서 NH_3은 염기이고 H_2O는 산이다.

ⓘ 질소의 산화수로부터 암모니아는 산화제로 작용하는가 환원제로 작용하는가?

암모니아는 산화제인 산소와 반응한다.

$$4NH_3 + 3O_2 \xrightarrow{700^\circ C} 6H_2O + 2N_2$$

$$4NH_3 + 5O_2 \xrightarrow[\text{촉매}]{300\sim350^\circ C} 4NO + 6H_2O\ ;\ -907kJ$$

암모니아는 질산과 질산암모니움(질안), 류산암모니움(류안) 같은 질소비료를 만드는데 쓰인다. 또한 액체암모니아는 쉽게 증발하며(끓음점 -33.4℃) 증발열이 크므로 랭동기의 랭매로 쓰인다.

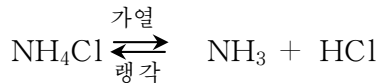
암모니움염

암모니움이온 NH_4^+이 들어있는 염을 **암모니움염**이라고 한다.

NH_4Cl 같은 암모니움염들은 모두 물에 잘 용해되여 NH_4^+이온을 내면서 해리된다.

암모니움염은 또한 열주면 쉽게 분해된다.

$$NH_4Cl \underset{\text{랭각}}{\overset{\text{가열}}{\rightleftarrows}} NH_3 + HCl$$

$$NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O$$

질안은 망치로 때려도 우와 같이 분해된다.

ⓘ 염화암모니움에 소석회를 작용시켜 암모니아를 만드는 반응을 이온방정식으로 나타내여라.

암모니움염에 염기를 작용시키면 암모니아가 생긴다. 이때 암모니아의 특징적인 냄새가 나므로 이 반응을 NH_4^+이온을 알아내는데 리용한다.

암모니움염들은 질소비료로 중요하게 쓰인다.

질소의 산화물

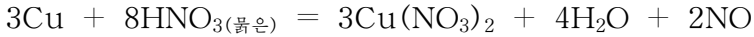
ⓘ 질소의 가능한 산화물들의 화학식을 써보아라.

여러가지의 산화물들가운데서 중요한것은 산화질소 NO와 이산화질소 NO_2이다.

산화질소 NO. 실험실에서는 동

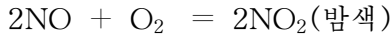
그림 2-21. NO만들기와 성질

을 묽은 질산에 작용시켜 만든다.(그림 2-21)

$$3Cu + 8HNO_{3(묽은)} = 3Cu(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO$$

ⓘ 우의 반응에서 산화제로 작용하는 질산과 산으로서 작용하는 질산은 각각 몇mol씩인가?

ⓘ 공업적으로 NO는 어떻게 만드는가?

산화질소는 자연계에서 번개칠 때 생기며 자동차배기가스에도 들어있어 대기를 오염시키고 산성비를 내리게 한다. 산화질소는 공기보다 조금 무겁고 물에 거의 용해되지 않는 무색기체이다. 그러나 보통온도에서도 공기와 만나면 곧 산화되여 NO_2로 된다.

$$2NO + O_2 = 2NO_2(밤색)$$

산화질소는 염기와 반응하지 않는다.

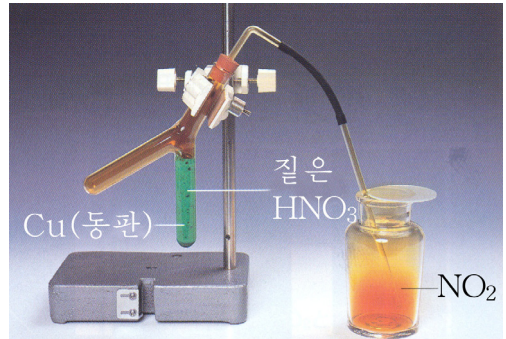
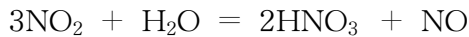
이산화질소 NO_2. 코를 찌르는듯 한 냄새가 나는 밤색기체이다.

실험실에서 동을 짙은 질산에 작용시켜 얻는다.(그림 2-22)

ⓘ 동과 짙은 질산과의 반응을 화학방정식으로 나타내여라.

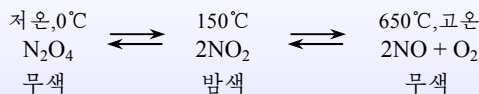
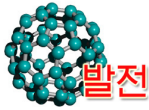
그림 2-22. NO_2만들기와 성질

NO_2은 물에 쉽게 용해되며 이때 물과 반응한다.

$$3NO_2 + H_2O = 2HNO_3 + NO$$

공장에서는 이 반응에 의하여 NO_2을 물에 흡수시켜 질산을 만든다.

참고 질소의 산화물

질소의 산화물들은 온도를 변화시키면 서로 전환된다.

저온,0℃		150℃		650℃,고온
N_2O_4	$\rightleftarrows$	$2NO_2$	$\rightleftarrows$	$2NO + O_2$
무색		밤색		무색

그러므로 보통 NO_2속에는 N_2O_4도 함께 존재한다. N_2O_5은 질산의 무수물로서 조해되는 무색결정이다. 물과 만나면 쉽게 질산을 만든다.

자동차배기가스속에는 CO, NO, 탄화수소와 같은 유해성분들이 있어 대기를 심히 오염시키므로 이것들을 없애야 한다. CO와 NO는 촉매가 있는 조건에서 반응시켜 없앤다.

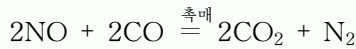
$$2NO + 2CO \overset{\text{촉매}}{=} 2CO_2 + N_2$$

연료속의 채 타지 않은 탄화수소는 산소로 완전히 산화시켜 H_2O와 CO_2이 생기게 한다. 현재 자동차들에 이런 목적에서 정화기를 설치하였다. 표면이 벌집모양으로 구멍이 숭숭한 Al_2O_3에 Pt나 Rh의 작은 립자를 부착시켜 정화기로 쓴다. 이런 정화기는 석유난로나 물고기굽는 기구에서 냄새를 없애는데도 리용된다.

그림 2-23. 촉매정화기

질산 HNO_3

공업적으로 질산은 암모니아로부터 만든다. 암모니아와 공기를 혼합하여 약 800℃ 되는 산화기안의 백금그물촉매우로 통과시키면 NH_3이 산화되여 NO로 된다.

$$4NH_3 + 5O_2 = 4NO + 6H_2O$$

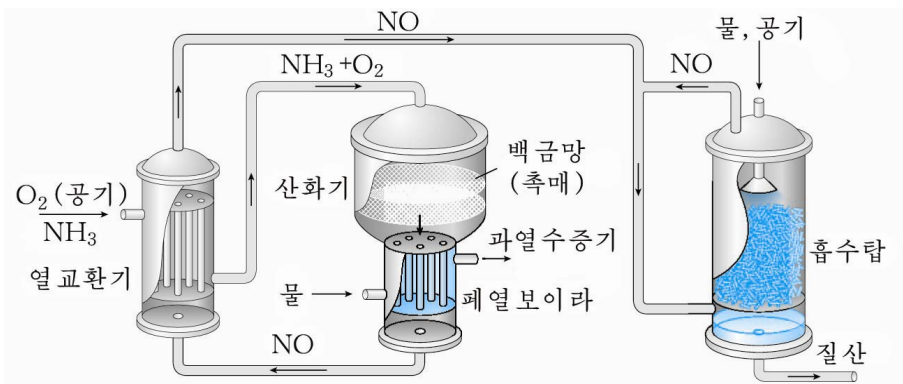
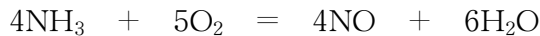
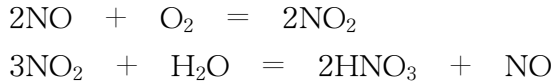



그림 2-24. 공업에서 질산만들기

NO는 흡수탑에서 공기속의 산소와 반응하여 NO_2로 산화된 다음 물에 흡수되

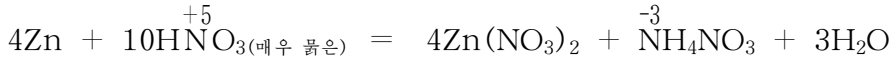
여 질산으로 된다. 이 과정에 생긴 NO는 다시 되돌려 쓴다.

$$2NO + O_2 = 2NO_2$$
$$3NO_2 + H_2O = 2HNO_3 + NO$$

순수한 질산은 끓음점이 841℃인 무색의 액체이다. 물기를 잘 흡수하는데 짙은 질산은 65%(밀도 1.4g/㎤)이다.

? 질산의 화학성질에서 다른 산들과 차이나는 점은 무엇인가?

질산의 산화제적성질은 질산의 농도와 환원제의 활성에 따라 다르다.

일반적으로 질산의 농도가 매우 묽은 경우에는 $\overset{-3}{N}H_3$이나 $\overset{-3}{N}H_4NO_3$까지, 묽은 질산에서는 $\overset{+2}{N}O$ 또는 $\overset{+1}{N_2}O$까지, 짙은 질산에서는 $\overset{+4}{N}O_2$까지 환원된다.

$$4Zn + 10H\overset{+5}{N}O_{3(매우\ 묽은)} = 4Zn(NO_3)_2 + \overset{-3}{N}H_4NO_3 + 3H_2O$$

? 마그네시움을 묽은 질산에 작용시키면 N_2O가 나온다. 이때 질산이 왜 산화제로 되는가를 화학방정식으로 설명하여라.

짙은 질산은 철, 크롬, 알루미니움 같은 금속을 부동태화시킨다.

? 짙은 질산이나 짙은 류산은 철그릇에 담아둘수 있다. 그 리유는 무엇인가?

짙은 질산은 Hg, Ag 같은 활성이 작은 금속과도 반응하여 질산염을 만든다.

질산염은 모두 물에 잘 용해되며 열주거나 망치로 세게 때리면 분해된다.

$2KNO_3 = 2KNO_2 + O_2$

$2Cu(NO_3)_2 = 2CuO + 4NO_2 + O_2$ (그림 2-25)

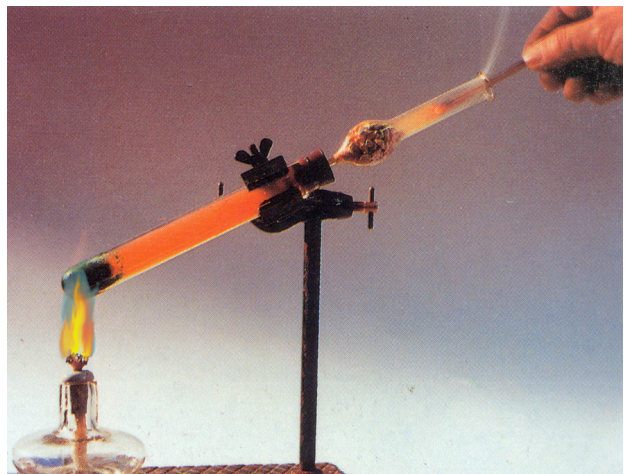
$2AgNO_3 = 2Ag + 2NO_2 + O_2$

이때 산소 O_2이 생기므로 질산염은 폭발물을 만드는데 리용된다.

질산염에 동과 짙은 류산을 작용시킬 때 NO_2밤색기체가 나온다. 이것을 보고 질산염을 알아낼수 있다.

? 질산나트리움에 동과 짙은 류산을 작용시킬 때 일어나는 반응을 이온방정식으로 나타내여라.

그림 2-25. 질산동의 분해

린과 그 화합물

린은 자연계에 린산염형태로 있거나 동물의 뼈와 이발 그리고 식물체속에 적지 않게 들어있다. 린도 질소처럼 최외전자수가 $5(3s^2 3p^3)$이므로 음성원소이고 -3, +3, +5의 산화수를 가진다. 린의 동소체에서 중요한것은 흰린과 붉은린이다.

린의 성질 표 2-5

성질	흰린	붉은린
색	흰색(연한 누런색)	검붉은색
밀도/$g\cdot cm^{-3}$	1.8	2.2
녹음점/℃	44(쉽게 승화)	590
독성	세다.	없다.
안정성	공기중에서 저절로 불붙는다.	260℃에서 불붙는다.

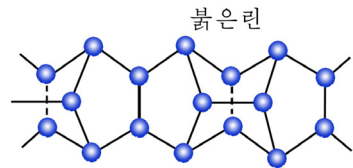
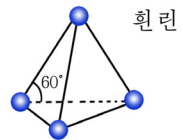



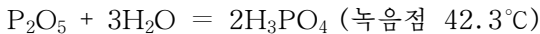
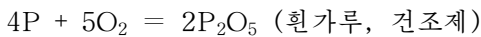
그림 2-26. 흰린과 붉은린

린동소체들의 성질이 차이나는것은 그것들의 결정구조가 다르기때문이다.

붉은린은 독이 없으므로 성냥과 농약, 반도체 물질을 만드는데 쓴다.

흰린이 산화되여 생긴 P_2O_5은 공기속의 수증기와 반응하여 린산의 작은 방울들을 만든다. 따라서 연막제로 쓴다.

$4P + 5O_2 = 2P_2O_5$ (흰가루, 건조제)

$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$ (녹음점 42.3℃)

린산은 물에 잘 용해되는 약산이다. 린산이 만드는 세 종류의 염가운데서 린산수소염($CaHPO_4$)과 린산이수소염($Ca(H_2PO_4)_2$)은 물에 잘 용해된다. 린산염은 대체로 물에 잘 용해되지 않는다. Ag^+와 PO_4^{3-}이 반응하면 노란색침전물이 생기므로 린산염검출에 리용된다.

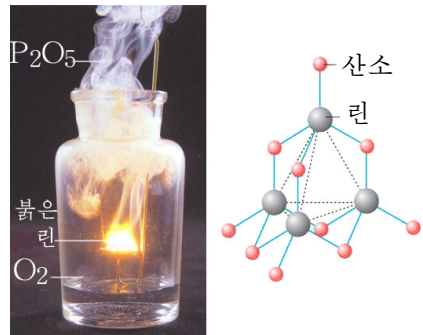



그림 2-27. $P_2O_5(P_4O_{10})$의 구조모형

문 제

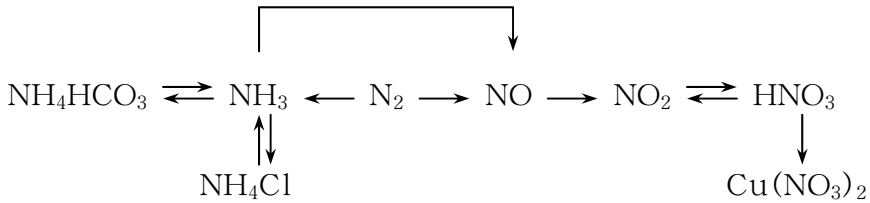
1. 다음 빈자리에 알맞는 글을 써넣어라.

① 질소족원소인 ____는 모두 최외전자수가 ____이므로 -3, +5의 ____를 가진다. 원자번호가 커감에 따라 원소의 ____이 약해지므로 단순물의 비금속성도 ____다.

② 질소의 화합물인 NH_3은 ____이지만 ____은 센 산화제이므로 활성이 작은 동과도 반응하여 ____을 내보낸다.

③ 질소와 린의 단순물에서 매 원자는 다른 원자와 ____결합을 하고있다. 그러나 질소에서는 두 질소원자사이에 ____을 하고있고 린에서는 4개의 린 원자사이에 ____의 단결합을 하고있다.

④ 질산염에 열주면 ____기체가 나오므로 불이 계속 붙고 체적도 불어난다. 그러므로 이 물질들은 모두 ____을 만드는데 쓰인다.

2. 다음 변화를 화학방정식으로 나타내여라.

3. 다음 현상의 원인을 설명하여라.

① 모기나 벌에 쏘인 자리에 묽은 암모니아수를 바르면 시원한감을 느끼면서 인차 낫는다.

② 짙은 염산이 든 병의 아구리에 짙은 암모니아수를 묻힌 막대기를 가져가면 흰 연기가 생긴다.

③ 알루미니움, 철을 짙은 질산에 넣으면 기체가 생기지 않는다.

④ 공기속에 놓아둔 흰린은 밝은 빛을 내면서 탄다.

4. 아류산나트리움은 보통 산화제로 작용하는가? 이것을 질산바리움과 묽은 질산용액으로 어떻게 알아볼수 있는가?

5. 실험실에서 질소는 아질산암모니움을 분해시켜 만든다. 아질산암모니움 2mol을 열주어 분해하면 질소기체가 20℃, 0.1MPa에서 48L 나온다.
아질산암모니움의 분해반응을 화학방정식으로 쓰라.

6. 표준조건에서 암모니아 2.24㎥를 완전히 반응시켜 45% 질산용액을 만들었다.
얻어진 질산용액의 질량과 소비된 산소의 체적을 구하여라. (답. 14kg, 4.48L)

7. 질소와 일산화질소의 혼합물 40mL를 공기 65mL와 섞어서 얻은 혼합물의 체적은 100mL였다. 처음 혼합물과 얻어진 혼합물에서 질소의 체적%조성을 구

하여라.(공기속에 산소는 체적으로 20% 있다고 본다.) (답. 75%, 82%)

8. 농도를 모르는 질산은용액 100mL(밀도 1.03g/㎤)에 질량이 3.26g인 동판을 오래동안 잠그었다가 꺼냈다. 이때 동판의 질량은 4.78g이였다. 은 몇g이 석출되였는가? 처음 질산은용액의 몰농도는 얼마인가? (답. 2.16g, 0.2mol/L)

제4절. 탄소와 그 화합물

탄소는 생명유기체의 기본구성원소이며 석탄, 원유와 같은 연료속에도 많이 들어있다.

Ⓟ 탄소의 전자배치로부터 원소의 성질을 말하여라.

탄소단순물

탄소의 단순물은 공유결합으로 이루어진 비금속이다.

탄소의 동소체에서 중요한것은 금강석과 흑연이며 그밖에 카르빈과 폴레렌도 있다. 금강석과 흑연의 성질은 서로 다르다.

금강석, 흑연의 성질과 용도　　　　표 2-6

성질 / 동소체	색과 윤기	밀도/g·cm^{-3}	굳기 (모오스)	전기 전도성	용 도
금강석	색이 없고 빛을 세게 굴절시킨다.	3.52	10 자연계에서 가장 굳다.	없다.	착암기날, 금속절단공구, 유리칼, 보석장식품
흑연	검은재빛, 금속윤기를 가진다.	2.23	1 종이에 줄이 그어질만큼 무르다.	있다.	전극, 도가니, 연필심, 윤활제

금강석과 흑연의 물리성질이 차이나는것은 무엇때문인가.

금강석결정에서는 탄소원자들이 sp^3혼성화되였다. 그러므로 매 탄소원자는 4개의 이웃탄소원자들과 σ결합으로 굳게 결합되여 공간에 바른4면체모양으로 규칙적으로 배렬되여있다. 따라서 금강석은 매우 굳

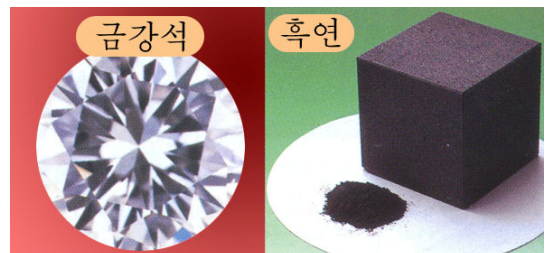



그림 2-28. 금강석과 흑연

고 녹음점이 높으며 전기를 통과시키지 않는다.

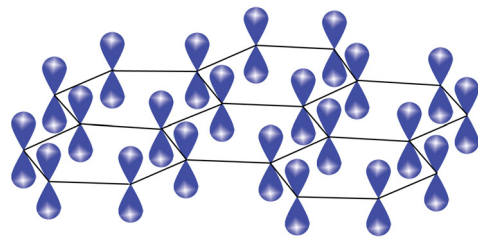
흑연결정에서는 탄소원자들이 sp^2혼성상태에 있다. 매 탄소원자는 세개의 다른 탄소원자와 σ결합을 이루면서 6각형그물모양의 평면층을 이룬다.(그림 2-29)

혼성화에 참가하지 않고 매 탄소원자에 남아있는 $2p$궤도는 이 평면층에 수직으로 놓이면서 이웃 세 탄소원자의 $2p$궤도들과 π결합을 이룬다.(그림 2-30) 이 π결합전자들은 비교적 쉽게 움직일수 있으므로 흑연결정은 열과 전기를 잘 통과시킨다.

그림 2-29. 금강석, 흑연의 결정구조

그림 2-30. 흑연그물평면층에서의 π결합

Ⓡ 흑연이 무르고 미끈거리는 성질로 보아 평면층들사이에는 어떤 힘이 작용하겠는가?

숯, 그을음, 활성탄 등은 매우 잔 흑연결정으로 이루어졌다. 그것들의 만들기와 성질, 용도는 다음과 같다.

숯, 활성탄, 그을음 표 2-7

구분 / 물질	만들기	성질	용도
숯	나무를 태워서 얻는다.	잔 구멍이 많아서 잘 흡착된다.	활성탄만들기, 활성탄대용
활성탄	숯을 높은 온도에서 수증기로 쪄낸다.	잔 구멍이 더 많다. 흡착능력이 세다.	식료공업에서 색, 냄새없애기, 방독면
그을음	나무, 석유 등을 불완전연소시켜 얻는다. (오래된 가마밑에 많다.)	검은색 보드라운 분말	먹, 검은 색감, 구두약

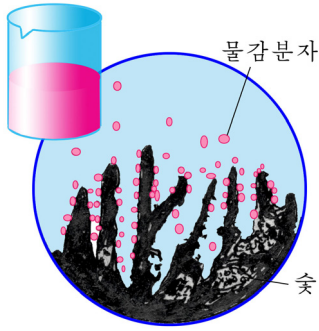



그림 2-31. 숯의 흡착성

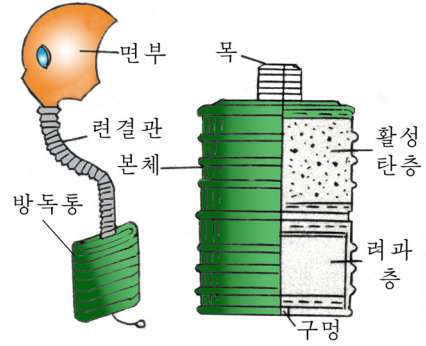



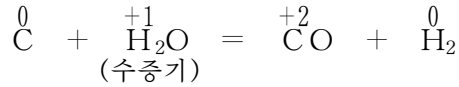
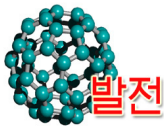
그림 2-32. 방독면

탄소는 비교적 안정하지만 높은 온도에서는 여러가지 물질들과 잘 반응한다.

ⓘ 탄소와 산소, 산화연과의 반응을 각각 화학방정식으로 쓰고 산화제, 환원제를 밝혀라.

탄소는 높은 온도에서 비금속, 금속산화물과 반응한다.

탄소는 환원제이므로 빨갛게 달군 상태에서 수증기도 환원시킨다.

$$\overset{0}{C} + \underset{(수증기)}{\overset{+1}{H}_2O} = \overset{+2}{C}O + \overset{0}{H}_2$$

이때 얻어지는 CO와 H_2의 혼합물을 **수성가스**라고 하는데 이것은 NH_3합성에 쓰인다.

탄소의 새로운 동소체

1985년에 흑연에 레이자빛을 쪼여 탄소의 새로운 동소체인 폴레렌(C_{60})을 합성하였다. 폴레렌과 알카리금속과의 화합물인 K_3C_{60}, Rb_3C_{60} 등이 고온초전도현상을 나타내고 폴레렌의 유기화합물이 에이즈비루스효소를 잘 흡착하는 등 특이한 성질을 나타낸다. 그러므로 폴레렌은 특수기능을 가진 새 재료합성에서 큰 의의를 가진다.

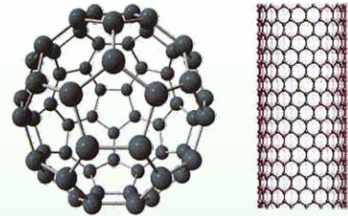



그림 2-33. 폴레렌과 탄소나노관

1991년에는 흑연의 평면구조가 관모양으로 말려진 구조를 가진 탄소나노관이 발견되여 연구되고있다.

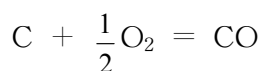
① 작은 그릇에 물을 절반정도 넣고 거기에 잉크(또는 물감)를 한두방울 떨군다.

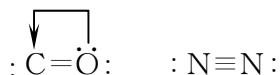
② 숯덩어리를 잘게 쪼개여 우의 그릇에 넣고 잘 흔들어주면서 잉크물의 색변화를 본다.

나타나는 현상의 원인은 무엇인가? 적은 량의 숯덩어리를 가지고 더 빨리 이런 변화를 일으키자면 어떤 조작을 해야 하는가?

일산화탄소 CO

CO는 공기가 부족한데서 탄이 불탈 때 생긴다.

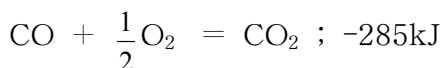
$$C + \frac{1}{2}O_2 = CO$$

일산화탄소는 색, 냄새가 없는 기체이며 물에 매우 적게 용해된다.

$$:C{=}\ddot{O}: \qquad :N{\equiv}N:$$

그것은 CO의 분자구조가 N_2과 비슷하기때문이다.

CO분자는 N_2분자와 같이 3중결합으로 이루어진것으로 볼수 있다. 그러므로 극성을 어느 정도 띠지만 아주 안정하고 녹음점, 끓음점이 낮다.(끓음점 -192℃)

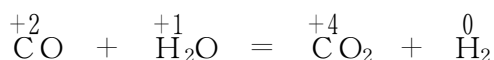
CO는 매우 독이 세므로 공기속에 0.002%만 있어도 어지럽고 0.5%만 있어도 생명이 위험하다.

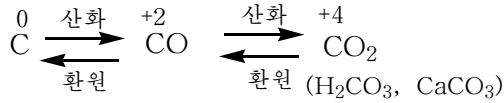
CO는 공기속에서 잘 연소된다. 석탄이 불탈 때 웃부분에서 보게 되는 푸른 불길은 CO가 연소되는것이다.

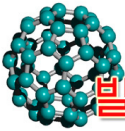
$$CO + \frac{1}{2}O_2 = CO_2\ ;\ -285\text{kJ}$$

CO는 산소와 잘 결합하므로 금속산화물을 환원시킨다.

? 용광로에서 CO에 의해 자철광 Fe_3O_4이 환원되는 반응의 화학방정식을 쓰라.

CO는 수증기와도 작용하여 환원시킨다.

$$\overset{+2}{C}O + \overset{+1}{H_2}O = \overset{+4}{C}O_2 + \overset{0}{H_2}$$

CO는 연료로, 야금공업에서 환원제로, 수소를 비롯한 여러가지 물질들을 만드는데 쓰인다. C로부터 CO뿐아니라 여러가지 탄소의 화합물들을 만들수 있다.

$$\overset{0}{C} \underset{\text{환원}}{\overset{\text{산화}}{\rightleftarrows}} \overset{+2}{CO} \underset{\text{환원}}{\overset{\text{산화}}{\rightleftarrows}} \overset{+4}{CO_2}$$
(H_2CO_3, $CaCO_3$)

? CO_2을 알아내자면 어떤 물질을 작용시켜야 하는가? 이때 어떤 변화가 일어나는가를 화학방정식으로 쓰라.

? $CaCO_3$으로부터 CO_2을 얻는 방법 두가지를 화학방정식으로 쓰라.

태양전지

태양의 빛에네르기를 규소반도체 같은것을 리용하여 전기에네르기로 전환시키는것이 태양전지이다. 태양으로부터 수조억kW·h이상의 에네르기가 지구로 오는데 이것은 현재 세계적인 총발전능력의 약 20만배에 달한다.

규소반도체태양전지는 순수한 규소결정을 써야 하며 효률이 높지 못한 결함이 있다. 그러므로 최근에는 식물의 엽록소와 비슷한 기능을 수행하는 물질을 합성하여 전기를 얻는 보다 효률높은 빛합성모방태양전지가 연구도입되고있다.

규소결정의 반도체적성질

규소의 최외전자수는 4로서 탄소와 같다. 규소결정은 금강석처럼 굳고 녹음점이 높다. 그러므로 규소결정은 금강석과 구조가 비슷하며 전기를 통과시키지 말아야 한다. 그런데 실지로는 좋은 반도체이므로 집적회로나 반도체소자 등을 만드는데 쓰인다.

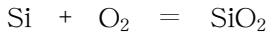
규소결정에서 Si원자들은 어떤 혼성상태에 있는가? 금강석과 규소결정에서 원자들사이의 결합의 세기를 비교하여라. 그로부터 규소결정이 왜 반도체물질로 되는가를 밝혀라.

규소와 그 화합물

규소는 모래, 흙속에 화합물로 존재한다.(질량으로 지각의 25%, 산소 다음으로 많다.)

전자배치로부터 탄소보다 전기적음성이 약하며 산화수는 -4, +4이다. 단순물에는 금속윤기를 가진 검은재색의 결정형규소와 회색의 무정형규소가 있다. 결정은 굳고 녹음점이 높으며 반도체이다.

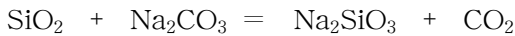
그림 2-34. 결정형규소

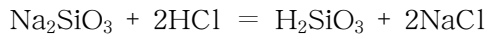
불안정한 무정형규소는 열을 주면 쉽게 산화된다.

$$Si + O_2 = SiO_2$$

이산화규소 SiO_2에도 결정형과 무정형이 있다. 결정형SiO_2은 수정, 석영, 규소모래의 기본성분으로서 굳고 녹이기 힘들다. 잘 성장한 순수한 SiO_2결정을 수정이라고 한다.

그림 2-35. SiO_2(수정)의 결정구조

석영을 열주어 녹였다가 갑자기 식히면 점성이 커져서 결정을 이루지 못하고 무정형상태(유리상태)로 된다. SiO_2은 산성산화물이므로 NaOH, Na_2CO_3과 반응한다.

$$SiO_2 + Na_2CO_3 = Na_2SiO_3 + CO_2$$

규산나트리움 Na_2SiO_3은 유리모양의 고체로서 가열하면 점성이 큰 액체로 되는데 이것을 물유리라고 한다. 물유리에 염산을 넣으면 흰색의 규산겔이 생긴다.

$$Na_2SiO_3 + 2HCl = H_2SiO_3 + 2NaCl$$

H_2SiO_3은 가열하면 물이 떨어져나가면서 미세한 구멍이 많은 SiO_2(실리카겔)로 된다. 실리카겔은 흡착제, 건조제로 많이 쓰인다.

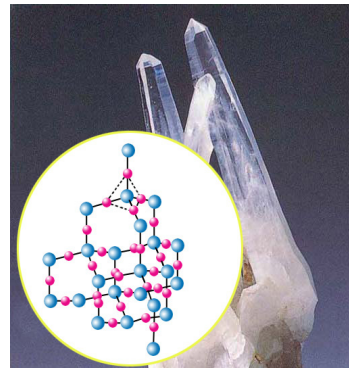



그림 2-36. 물유리와 그의 반응

문 제

1. 다음것들가운데서 정확한것은 (　　)이다.

① 탄소의 단순물들은 세게 가열하면 모두 산소와 반응한다.

② 탄소, 규소의 산화물은 모두 물에 용해되며 이때 해당한 산이 생긴다.

③ 규산은 탄산보다 산성이 더 강하다.

④ 같은 주기에 있는 산소족원소는 탄소족원소보다 비금속성이 더 강하다.

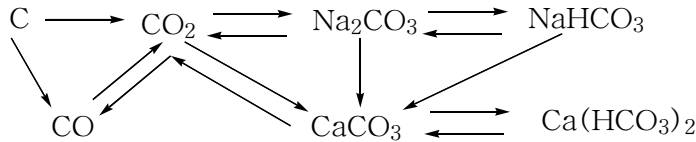
2. 이산화탄소에 들어있는 일산화탄소를 없앨 때 흔히 쓰는 방법은 (　　)이다.

① 맑은 석회수에 통과시킨다.

② 빨갛게 단 탄소에 통과시킨다.

③ 물에 통과시킨다.

④ 가열된 산화동(Ⅱ)분말에 통과시킨다.

3. 다음 변화를 화학방정식으로 나타내여라.

4. 검은색가루 A와 물질 B를 함께 열주었더니 반응후에 한가지 무색기체 C가 생겼다. C를 맑은 석회수에 통과시켰더니 곧 흰색침전물 D가 생겼다. C와 A는 높은 온도에서 반응하여 한가지 종류의 불탈수 있는 기체 E를 만든다. E와 B는 열을 받아 C를 만든다. A, B, C, D, E는 어떤 물질인가?

5. 4가지 물질 Na_2CO_3, $NaNO_3$, NaCl, Na_2SiO_3의 용액을 어떻게 서로 알아보겠는가? 조작과정과 실험현상을 간단히 설명하고 해당한 반응의 이온방정식을 쓰라.

6. 우리 나라에 무진장한 적철광(Fe_2O_3) 5t을 환원시키면 철을 얼마나 얻을수 있는가? 이때 순도가 80%인 콕스가 얼마나 필요한가? (답. 3.5t, 1.4t)

7. 어떤 석회석속에 적은 량의 SiO_2이 들어있다. 이 석회석 5.0g과 2mol/L 염산 50mL를 충분히 반응시켰더니 CO_2이 1 064mL(표준조건) 얻어졌다. 석회석속에 들어있는 SiO_2의 함량은 얼마인가? 그리고 남은 염산을 중화시키는데 필요되는 1mol/L NaOH용액의 체적은 얼마인가? (답. 5%, 5mL)

제5절. 비금속의 성질

비금속원소

원소주기표의 14족-17족에 놓이는 비금속원소들에서 최외전자층의 전자배치는 $ns^2np^{2\sim5}$이다.

같은 주기에 놓여있는 금속원소에 비하여 최외전자수가 많고 원자반경은 작다.

그러므로 비금속원소들은 대체로 전기음성도가 크다.(2~4)

ⓘ 전기음성도는 주기와 족에서 어떻게 변하는가? 왜 그런가?

그리고 비금속원소들은 여러가지 산화수를 가진다.

비금속원소들의 산화수 표 2-8

족번호	13	14		15			16				17			
원소	B	C	Si	N	P	As	O	S	Se	Te	F	Cl	Br	I
		-4	-4	-3	-3	-3	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-1	-1
				+1								+1	+1	+1
	+3	+2		+2										
				+3	+3	+3						+3	+3	+3
				+4				+4	+4	+4		+5	+5	+5
		+4	+4	+5	+5	+5		+6	+6	+6		+7	+7	+7

ⓘ 14족-17족 비금속원소들의 최대산화수와 최소산화수는 각각 얼마인가? 왜 그런가?

비금속의 구조와 물리성질

비금속에서 원자들사이의 결합은 모두 공유결합이다.

이때 구조적으로 공유결합에 몇개의 원자가 참가하는가에 따라 비금속은 세가지 부류로 나누어볼수 있다.

첫 부류는 2원자분자로 이루어진 물질이다.

X_2(할로겐), O_2, N_2, H_2이 속한다. 이 물질들은 분자들사이에 약한 반데르왈스힘으로 이루어졌으므로 녹음점, 끓음점이 낮고 보통조건에서 기체이며(Br_2: 액체, I_2: 고체) 물에 잘 용해되지 않는다.

둘째 부류는 여러원자분자로 이루어진 분자결정이다.

S_8, Se_8, P_4, As_4 등이 속한다. 분자결정이므로 보통조건에서 고체이고 녹음

점, 끓음점이 낮으며 비교적 쉽게 휘발된다. 첫 부류 물질보다는 녹음점, 끓음점이 높다.

셋째 부류는 금강석, 규소결정, 붕소결정과 같이 많은 원자들이 공유결합을 하고있는 원자결정이다. 이것들은 대체로 모두 안정하며 끓음점, 녹음점이 높다.

비금속단순물의 화학식 표 2-9

족번호	13	14	15	16	17
단순물	B	C Si	N_2 $P(P_4)$ $As(As_4)$	O_2 $S(S_8)$ $Se(Se_8)$	F_2 Cl_2 Br_2 I_2

비금속의 구조에서 특징적인것은 또한 동소체가 많은것이다.

그러므로 원소의 수에 비하여 단순물의 수가 많다.

이러한 구조적특성으로부터 비금속은 금속과는 다른 물리성질을 가진다.

비금속은 각이한 색을 가지며 물에 잘 용해되지 않는다.

(P-붉은색 또는 흰색, 액체산소-연한 푸른색)

비금속들가운데서 흑연 그리고 규소 같은 반도체물질을 제외하고는 모두 부도체이다.

? 비금속이 전기를 잘 통과시키지 않는 원인은 무엇인가?

특히 비금속결정들은 힘을 주면 결정구조가 파괴되므로 금속처럼 판이나 줄로 가공할수 없다.

참 고 — 붕 소

붕소는 중세기 련금술시대로부터 많이 쓰인 원소이다.

주로 붕사($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$)를 금속산화물의 녹임제로 많이 리용하였다.

1808년에 흰색의 붕사로부터 붕소단순물을 얻었으므로 에스빠냐어로 《Borax》(흰색)라는 말에서부터 붕소(보론)라고 이름지었다.

붕소결정은 매우 굳고 녹음점(2 300℃)이 높으며 화학적으로 안정하다.

그러므로 붕소는 로케트의 구조재료, 피뢰침이나 열전대를 만드는데 쓰며 붕산 H_3BO_3은 소독제, 연고를 만드는데 쓴다. 그리고 붕사는 용접이나 도금할 때 금속겉면의 녹을 벗기는데, 자기와 법랑의 유약을 만드는데도 쓰인다.

비금속의 화학성질

비금속은 여러가지 물질들과 반응한다. 이때 비금속은 산화제로도 작용하고 환원제로도 작용한다.

ⓘ 비금속들은 반응에서 대체로 산화제로 작용한다. 왜 그런가?

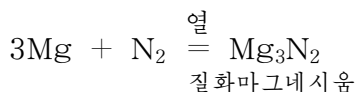
비금속의 화학성질을 금속, 비금속, 화합물과의 반응을 통하여 구체적으로 보자.

비금속은 금속과 반응한다.

활성이 큰 비금속은 거의 모든 금속과 다 반응한다.

ⓘ 염소와 동, 철과 류황사이에 일어나는 반응을 화학방정식으로 쓰고 산화제, 환원제를 밝혀라.

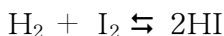
활성이 작은 비금속(Si, N_2)은 활성이 큰 금속과만 반응한다.

$$3Mg + N_2 \overset{열}{=} \underset{질화마그네시움}{Mg_3N_2}$$

이 반응은 공기중에서 마그네시움을 연소시킬 때에도 일어난다.

비금속은 또한 수소, 산소와 같은 비금속과도 반응한다.

비금속과 수소와의 반응은 비금속원소의 주기표에서의 위치에 따라 다르게 일어난다.

같은 족에서 원자번호가 커감에 따라 비금속은 수소와 힘들게 반응한다. 염소는 수소와 빛이 있는 조건에서 폭발적으로 반응하지만 요드는 수소와 천천히 반응하며 또 만들어진 요드화수소는 요드와 수소로 분해되기도 한다.

$$H_2 + I_2 \leftrightarrows 2HI$$

ⓘ 질소, 불소가 수소와 반응할 때의 조건을 비교하여라.

이로부터 비금속의 산화제적성질은 원자번호가 커감에 따라 주기에서는 세지고 족에서는 약해진다는것을 알수 있다.

비금속들은 일정한 조건에서 산소와도 직접 반응한다.(불소는 제외)

이때에는 원소들의 전기적음성이 산소보다 작으므로 환원제로 작용한다.

ⓘ 비금속의 환원제적성질은 주기표에서 어떻게 변하는가를 례들어 설명하여라.

비금속은 화합물과도 반응한다.

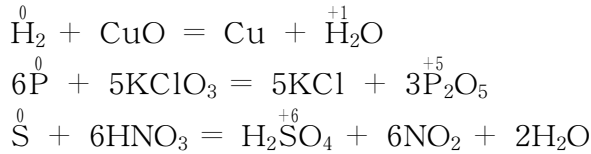
많은 비금속은 물과 반응하지 않지만 할로겐, 탄소 같은 단순물은 물과도 반응한다.

비금속은 화합물과의 반응에서도 역시 대체로 산화제로 작용한다.

(?) 암모니아와 산소, 요드화수소와 브롬과의 산화환원반응을 화학방정식으로 쓰고 산화제, 환원제를 밝혀라.

비금속은 자기보다 센 산화제와 반응할 때에는 환원제로 작용한다.

$$\overset{0}{H}_2 + CuO = Cu + \overset{+1}{H}_2O$$
$$6\overset{0}{P} + 5KClO_3 = 5KCl + 3\overset{+5}{P}_2O_5$$
$$\overset{0}{S} + 6HNO_3 = H_2\overset{+6}{S}O_4 + 6NO_2 + 2H_2O$$

문 제

1. 다음의 ㄱ)-ㅂ)에 맞는 비금속의 이름을 밝혀라.

ㄱ) 보통온도에서 동소체에는 분자가 8개 원자로 이루어진 고리모양구조의 물질이 있다.

ㄴ) 보통온도에서 연한 누런색고체로서 공기중에서 저절로 불붙는다.

ㄷ) 고체로서 승화되기 쉽고 그 용액은 농마용액에 의하여 검푸른색으로 된다.

ㄹ) 반응성이 아주 약한 색없는 기체로서 공기속에 많다.

ㅁ) 보통온도에서 기체이며 모든 기체들가운데서 가장 가볍다.

ㅂ) 색이 없고 투명하며 가장 굳은 결정이다.

2. 다음 원소들가운데서 ㄱ)-ㅁ)까지의 문장에 알맞는 원소는 어느것인가?

Si, He, N, Cl, C, S, F

ㄱ) 산화물은 색, 냄새가 없고 석회수에 통과시키면 하얗게 흐려진다.

ㄴ) 수소화합물은 물에 잘 용해되며 그 수용액은 센 산성이다.

ㄷ) 단순물은 모든 물질들가운데서 끓음점이 제일 낮고 장식조명등으로 쓴다.

ㄹ) 수소화합물은 자극성냄새가 나고 물에 잘 용해되며 약한 염기성을 나타낸다.

ㅁ) 산화물의 결정은 석영이나 수정의 기본성분이다.

3. 다섯개의 병에 산소, 질소, 염소, 암모니아, 탄산가스가 들어있다. 어떤 실험으로 매 기체를 알아낼수 있는가? 화학방정식을 쓰라.

4. 다음 물질들가운데서 서로 반응할수 있는 물질들사이의 반응을 화학방정식으로 나타내여라.

나트리움, 칼시움, 세시움, 류황, 염소, 물, 탄산가스, 초산, 가성소다

5. 두가지 기체 A_m과 B_n이 있는데 2.4g의 A_m과 2.1g의 B_n에 포함된 원자수는 같다. 분자수의 비는 2:3이고 A와 B의 원자핵에서 양성자수는 중성자수와 같다. A원자의 L층 전자수는 K층 전자수의 3배이다.

A_m, B_n은 어떤 물질인가?

제6절. 화학비료

위대한 령도자 **김정일**대원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《비료는 곧 쌀입니다. 비료공장들을 제때에 정비보강하고 설비들에 만부하를 걸어 우리 나라의 토양조건과 농작물의 생물학적특성에 맞는 여러가지 효능높은 비료를 많이 생산하여 농촌에 보내주도록 하여야 하겠습니다.》

우리 나라에서는 위대한 수령님과 위대한 장군님의 숭고한 뜻을 빛나게 실현해나가시는 경애하는 **김정은**선생님의 현명한 령도밑에 여러 비료생산기지들에서 효능높은 비료들을 많이 생산하고있다.

알곡생산을 높이자면 농작물이 요구하는 영양원소들이 많이 들어있는 비료를 충분히 주어야 한다.

식물체는 살아가는데 필요한 영양원소들을 공기와 물, 토양에서 받아들인다.

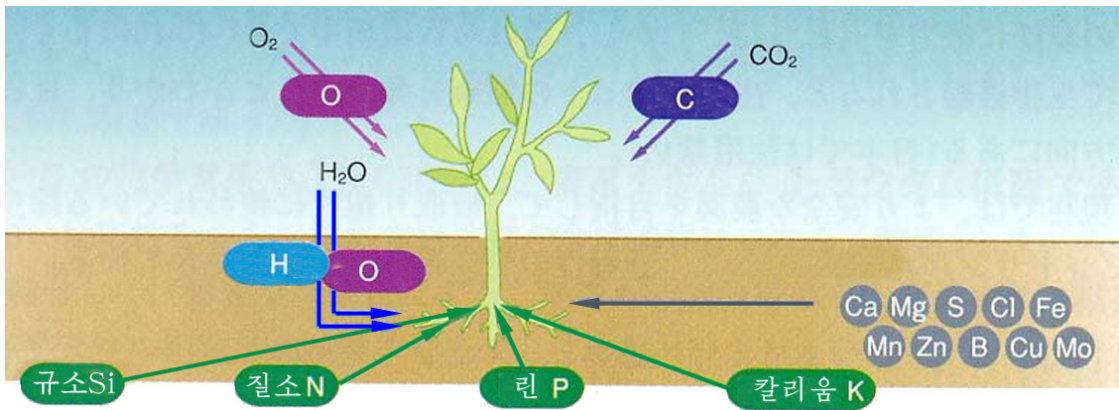



그림 2-37. 식물체가 살아가는데 필요한 영양원소들

해마다 논밭에서 곡식을 거두어들이면 토양에는 영양원소들이 적어지므로 그것들을 보충해주어야 한다. 이렇게 농작물이 자라는데 필요한 영양원소들을 보충해주기 위하여 화학적방법으로 만들어낸 물질을 화학비료라고 부른다.

화학비료에는 식물이 많이 요구하는 다량원소비료(N, P, K, Si)와 적게 요구하는 미량원소비료(B, Zn, Mo, Mg, Cu 등)가 있다.

그림 2-38. 질소가 부족한 식물의 잎

질소비료

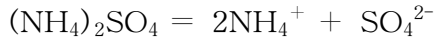
질소는 단백질과 엽록소의 구성원소이므로 질소가 알맞춤히 보장되여야 잎, 줄기, 가지 등이 잘 자라게 되고 병해충에도 견디여낸다.

식물은 질소를 주로 암모니윰이온 NH_4^+와 질산이온 NO_3^-형태로 흡수한다.

질소비료에는 암모니윰염들인 류안 $(NH_4)_2SO_4$과 질안 NH_4NO_3, 염안 NH_4Cl 그리고 뇨소 $CO(NH_2)_2$, 석회질소 $CaCN_2$ 등이 있다.

ⓘ 질안, 류안, 석회질소는 어떤 반응에 의하여 만드는가?

류안 $(NH_4)_2SO_4$은 흰 결정성물질로서 물에 잘 용해된다.

$$(NH_4)_2SO_4 = 2NH_4^+ + SO_4^{2-}$$

해리되여 생긴 NH_4^+이온이 식물체에 인차 흡수되므로 농작물이 비료를 많이 요구하는 시기에 덧비료로 주는것이 좋다.

이때 SO_4^{2-}이온이 토양에 남아서 H^+의 농도를 크게 하므로 토양이 산성화된다.

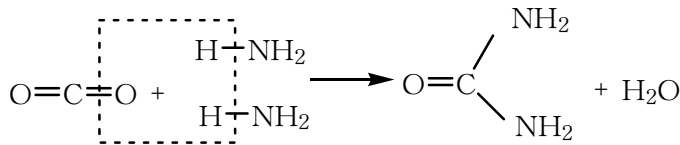
그러므로 류안을 계속 치는 경우에는 소석회를 쳐서 토양을 중화시킨다.

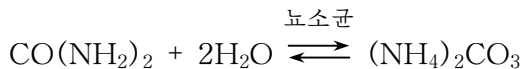
ⓘ 류안과 소석회를 미리 섞어서 논밭에 치면 나쁘다. 그 리유를 화학방정식을 쓰고 설명하여라. 이 반응을 어떤 이온을 알아내는데 리용할수 있는가?

질안 NH_4NO_3은 습기를 잘 빨아들이는 흰 결정이므로 겉면적이 작게 쌀알모양으로 만들어준다. 해리되여 생긴 NO_3^-이온은 NH_4^+처럼 토양에 잘 흡착되지 못하므로 씻겨내려간다. 그러므로 논이 아니라 밭에 쳐야 한다.

덩어리로 굳어진 질안비료를 사용할 때 망치로 부스러뜨려서는 안된다.

뇨소 $CO(NH_2)_2$도 흰 결정으로서 CO_2과 NH_3으로부터 만든다.

$$O{=}C{=}O + \begin{matrix} H{-}NH_2 \\ H{-}NH_2 \end{matrix} \longrightarrow O{=}C\begin{matrix} NH_2 \\ NH_2 \end{matrix} + H_2O$$

뇨소는 토양속에서 미생물인 뇨소균에 의하여 탄산암모니윰 $(NH_4)_2CO_3$으로 변화되였다가 식물에 흡수된다.

$$CO(NH_2)_2 + 2H_2O \xrightleftharpoons{\text{뇨소균}} (NH_4)_2CO_3$$

ⓘ 류안, 질안, 뇨소에서 질소성분이 가장 많이 들어있는 비료는 어느것인가?

참 고 토양의 산성화

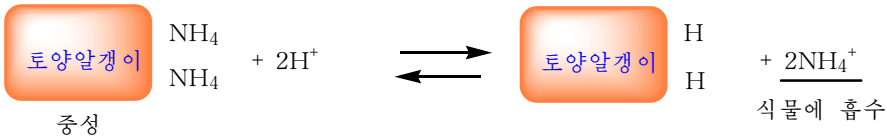
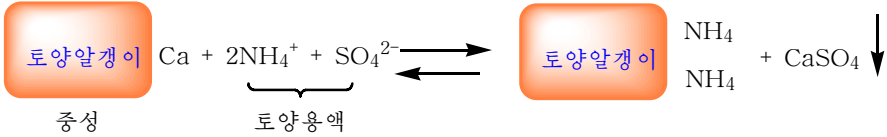
토양속에 있는 알갱이의 결면에는 H^+, Mg^{2+}, Ca^{2+}, Al^{3+}와 같은 이온이 결합되여있다. 이 양이온들은 토양속에 다른 양이온이 들어오면 교환될수 있다.

산성화되지 않은 토양알갱이에는 Ca^{2+}가 많지만 산성토양의 알갱이에는 H^+가 많이 결합되여있다. 토양에 류안과 같은 산성비료를 치면 산성화된다.

$$\text{토양알갱이}\,Ca + \underbrace{2NH_4^+ + SO_4^{2-}}_{\text{토양용액}} \rightleftarrows \text{토양알갱이}\begin{matrix}NH_4\\NH_4\end{matrix} + CaSO_4\downarrow$$

중성

$$\text{토양알갱이}\begin{matrix}NH_4\\NH_4\end{matrix} + 2H^+ \rightleftarrows \text{토양알갱이}\begin{matrix}H\\H\end{matrix} + \underline{2NH_4^+}$$

중성 식물에 흡수

이밖에 토양이 비물에 씻겨내리는 경우에도 산성화된다.

$$\text{토양알갱이}\,Ca + \underbrace{2H^+ + 2HCO_3^-}_{\text{비물}} \rightleftarrows \text{토양알갱이}\begin{matrix}H\\H\end{matrix} + Ca(HCO_3)_2$$

중성

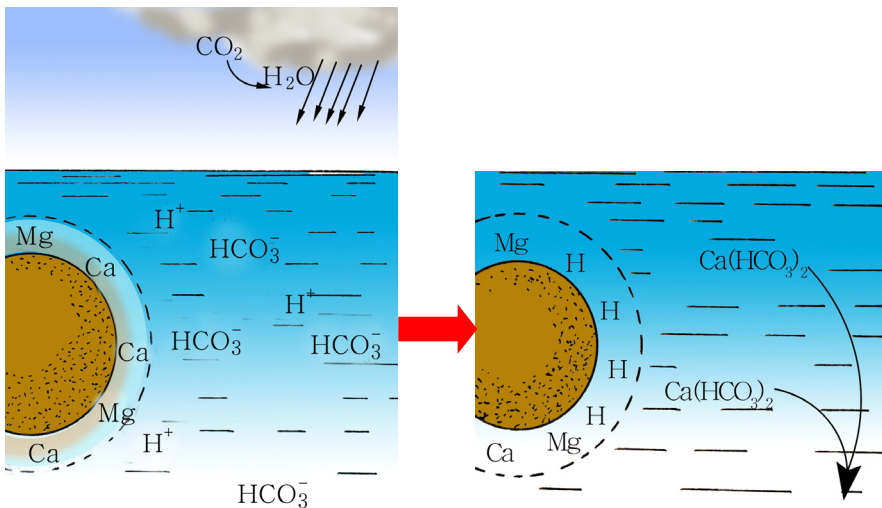
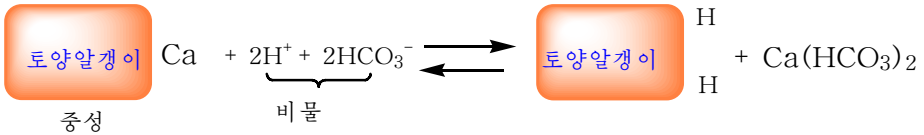



그림 2-39. 비물에 의한 토양의 산성화

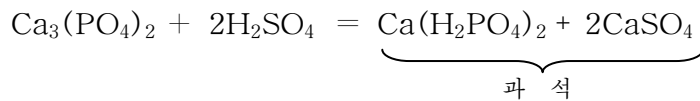
린비료

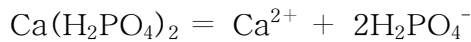
그림 2-40. 린이 부족할 때와 정상일 때의 비교

린은 빛합성과 물질대사에 참가하므로 식물이 뿌리를 잘 뻗고 아지를 잘 치게 하며 열매가 잘 여물게 한다. 또한 농작물이 가물과 추위에 잘 견디게 한다.

린비료로 많이 쓰이는것은 과린산석회(과석)이다.

과석은 린회석에 류산을 작용시켜 만든다.

$$Ca_3(PO_4)_2 + 2H_2SO_4 = \underbrace{Ca(H_2PO_4)_2 + 2CaSO_4}_{\text{과 석}}$$

과석을 논밭에 내면 식물은 $H_2PO_4^-$형태로 린을 받아들인다.

$$Ca(H_2PO_4)_2 = Ca^{2+} + 2H_2PO_4^-$$

이때 $H_2PO_4^-$이온은 농작물에 모두 흡수되지 못하고 일부가 PO_4^{3-}와 H^+로 해리된다. PO_4^{3-}는 Ca^{2+}와 작용하여 토양속에서 물에 잘 용해되지 않는 $Ca_3(PO_4)_2$로 변화된다.

그러므로 과석을 퇴비와 미리 섞어치면 퇴비속의 유기산이온이 Ca^{2+}와 작용하므로 $Ca_3(PO_4)_2$침전물이 생기지 못하게 하며 결국 린비료의 효과가 높아진다.

린비료에는 과석과 달리 석고가 섞이지 않은 중과석 $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$도 있다.

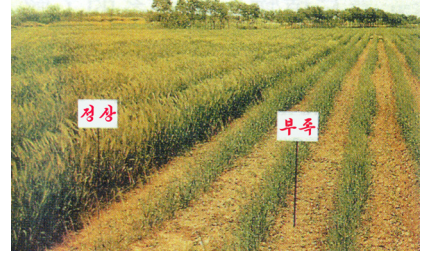
카리비료와 규소비료

칼리움은 빛합성이 잘되게 하며 줄기와 가지를 튼튼하게 해준다.

식물은 K^+형태로 칼리움을 흡수하므로 KCl, K_2SO_4, K_2CO_3(나무나 풀을 태운 재속에 많다.)이 카리비료로 쓰인다.

그림 2-41. 칼리움이 부족한 농작물의 잎

규소는 벼와 같은 농작물이 린성분 등을 잘 빨아들이게 하며 뿌리가 잘 자라고 대가 튼튼해지게 하며 추위와 해빛부족, 병해충에 잘 견디게 한다.

규소비료로는 용광로나 평로에서 나오는 광재($CaSiO_3$ 70~80%)를 리용한다.

미량원소비료

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

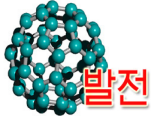
《알곡수확을 높이려면 논밭에 미량원소비료를 쳐서 농작물에 필요한 원소를 보충해 주어야 합니다.》

미량원소비료는 비록 적은 량 필요하지만 농작물이 자라고 열매맺는데서 아주 중요하다. 몇가지 미량원소비료의 종류와 그 역할은 다음 표와 같다.

몇가지 미량원소비료 표 2-10

비료종류	화학식	농작물에서의 역할
붕소비료	붕사 $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ 붕산 H_3BO_3	꽃가루받이를 좋게 하며 열매를 잘 맺게 한다.
아연비료	류산아연 $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	빛합성, 탄수화물대사를 도우며 식물성장을 자극하는 물질이 많이 생기게 한다.
동비료	류산동 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$	일부 효소의 조성에 들어가며 식물이 빨아들인 질소를 효과적으로 리용하게 한다.
망간비료	류산망간 $MnSO_4 \cdot 4H_2O$	엽록소가 만들어지게 하며 단백질의 만들기를 돕는다.
몰리브덴비료	몰리브덴산암모니움 $(NH_4)_2MoO_4$	콩의 뿌리혹균의 역할을 높이며 단백질이 잘 만들어지게 한다.
마그네시움비료	류산마그네시움 $MgSO_4 \cdot 7H_2O$	엽록소의 조성에 들어가며 빛합성이 잘되게 하고 열매를 잘 맺게 한다.

미량원소비료로는 미량원소가 들어있는 화합물들 례컨대 $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, $MnSO_4 \cdot 4H_2O$, $(NH_4)_2MoO_4$외에 미량원소들이 들어있는 광재 그리고 광석을 처리할 때 나오는 찌끼도 쓴다.

천연비료와 복합미생물비료, 흙보산비료

화학비료를 오래동안 사용하면 토양이 못쓰게 되고 사람의 건강과 동식물의 생태환경에 해를 준다.

이것을 막기 위해 최근에는 천연비료와 복합미생물비료, 흙보산비료가 쓰이고 있다. 이것들은 토양속에서 쉽게 분해되므로 효과가 높고 지나치게 사용해도 해롭지 않다. 또한 농작물이 요구하는 여러가지 영양원소들이 다 들어있다.

실례로 퇴비에는 N, K이 0.5%, P이 0.2%정도 있다.

천연비료에는 퇴비, 뼈가루, 나무재 등이 속한다.

복합미생물비료에는 빛합성세균, 젖산균, 효모와 같은 여러가지 미생물들이 혼합되여있다. 이 비료는 식물이 흡수할수 없는 자연계의 질소, 린, 카리 등을 식물이 흡수할수 있게 변화시키므로 토양의 성질을 좋게 하면서도 소출을 높인다. 이 비료는 해빛을 받으면 균들이 죽을수 있으므로 빛을 받지 않게 해야 하며 각종 화학비료와 농약을 섞어쓰지 말아야 한다.

우리 나라에서 많이 만들어 쓰고있는 흙보산비료는 니탄, 갈탄을 공기로 부분적으로 산화시켜 만든다. 이때 후민산이라는 물질이 얻어지는데 이 물질은 식물의 성장을 촉진시키고 비료의 효능을 높이며 논밭의 지력도 높아지게 한다. 그러므로 미량원소비료, 과석과 섞어쓰면 아주 효과적이다.

문 제

1. 다음 서술에서 정확한것은 (　)이다.

ㄱ) 농작물이 자라는데 필요한 영양원소들을 보충해주기 위하여 만들어낸 물질이 화학비료이다.

ㄴ) 린은 식물이 가물과 추위에 잘 견디고 뿌리와 아지를 잘 치게 하며 열매를 잘 맺게 한다.

ㄷ) 동은 꽃가루받이가 잘되게 하며 열매를 잘 맺게 한다.

ㄹ) 아연은 콩의 뿌리혹균의 역할을 높이며 단백질이 잘 만들어지게 한다.

2. 질산나트리움, 질산암모니움, 질산칼리움가운데서 화학비료로 쓰이는것은 어느것이며 매 비료에서 성분원소들이 어떤 형태로 식물에 흡수되는가를 말하여라.

3. 뇨소 1t에 들어있는 질소의 성분량과 맞먹는 류안, 질안, 염안, 석회질소는 각

각 ____, ____, ____, ____이다.

ㄱ) 2.2t, 1.33t, 1.78t, 1.3t

ㄴ) 2.5t, 1.5t, 1.8t, 1.5t

ㄷ) 2.5t, 2t, 3.6t, 4t

ㄹ) 2.2t, 1.6t, 1.8t, 1.33t

4. 질소 21.21%, 산소 48.48%, 수소 6.075%가 들어있는 물질의 화학식은 ____이다.

ㄱ) $(NH_4)_2SO_4$ ㄴ) NH_4NO_3 ㄷ) NH_4Cl ㄹ) $(NH_4)_3PO_4$

5. 강냉이밭에 류안비료를 성분량으로 환산하여 정보당 250kg 냈다. 류안비료를 물동량으로 정보당 몇kg 낸셈인가? (답. 1 178kg)

6. 공기, 황철광 FeS_2, 석탄, 물을 써서 류산암모니움을 만든다.
황철광(품위 85%) 1t으로 류안비료를 몇t 만들수 있는가? (답. 1.87t)

제7절. 세멘트, 유리

세멘트, 유리는 모래와 점토,장석 같은 규산염광물로부터 만든다.

이와 같이 규산염광물을 원료로 하여 세멘트, 유리, 도자기, 벽돌 같은 제품을 만드는 공업을 **규산염공업**이라고 한다.

※ 자연계의 흙과 암석은 주로 규산염으로 이루어져있으며 그안에는 알루미니움도 포함되여있다.

례: 고령토 $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$(도자기원료)

카리장석 $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$

세멘트

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

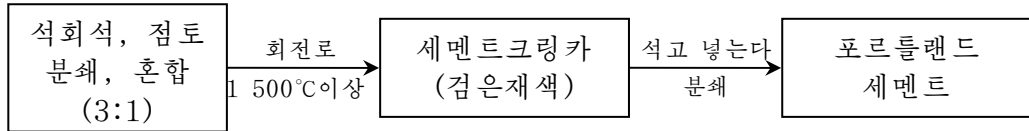
《우리 나라의 세멘트공업발전전망은 매우 큽니다. 우리 나라에는 석회석자원이 무진장하며 무연탄도 많습니다. 석회석은 몇만년동안 캐써도 못다 쓸 정도입니다. 석회석과 무연탄만 있으면 세멘트는 얼마든지 생산할수 있습니다.》

위대한 수령 **김일성**대원수님과 위대한 령도자 **김정일**대원수님의 현명한 령도에 의하여 우리 나라에는 자립적이며 현대적인 세멘트공업기지가 튼튼히 꾸려져 질좋은 세멘트가 많이 생산되고있다.

일반적으로 세멘트는 물과 반죽하면 시간이 지남에 따라 굳어지는 가루물질이다.

우리가 흔히 쓰는 세멘트는 포르틀랜드세멘트이다.

※ 포르틀랜드세멘트는 영국의 포르틀랜드섬에서 나오는 돌과 비슷하므로 지은 이름이다. 1813년 프랑스 기사 위까가 처음 발명하였다. 고대 에짚트의 피라미드도 석회석과 점토, 석고를 높은 온도에서 구워서 만든 재료로 건설하였다.

포르틀랜드세멘트는 석회석 $CaCO_3$과 점토 $Al_2O_3 \cdot SiO_2 \cdot H_2O$를 기본원료로 하여 만든다.

원료를 회전로에 넣고 높은 온도에서 구우면 녹음물상태로 되였다가 식히면 덩어리로 된다. 이것을 **세멘트크링카**라고 한다.

회전로에서 세멘트크링카가 어떻게 얻어지는가.

회전로는 강철껍데기안에 내화벽돌을 안붙임한 긴 원통이다. 로는 약간 경사지게 설치되여있으며 천천히 돌아간다. 경사진 웃쪽에서 원료를 넣고 아래쪽에서 석탄가루를 불어넣으면서 태운다. 원료는 아래로 내려오면서 구워지고 구워진 크링카는 로아래로 떨어져 크링카분쇄기로 들어간다. 크링카에 적당한 량의 석고 $CaSO_4 \cdot 2H_2O$를 넣는데 그것은 물과 혼합할 때 너무 인차 굳어지지 않게 하기 위해서이다.

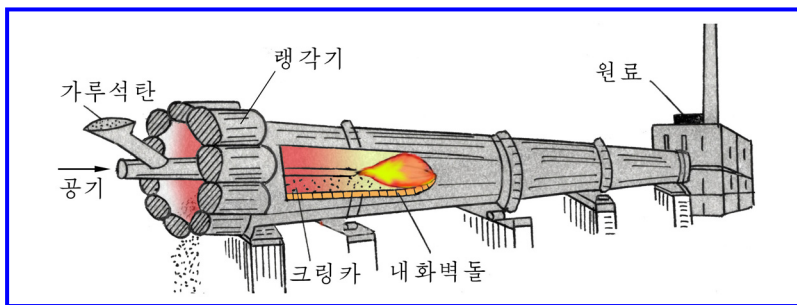



그림 2-42. 세멘트회전로

얻어진 세멘트의 주성분은 규산삼석회 $3CaO \cdot SiO_2$
규산이석회 $2CaO \cdot SiO_2$
알루민산삼석회 $3CaO \cdot Al_2O_3$ 이다.

세멘트는 물과 작용하면 굳어지므로 모래와 섞어서 물로 반죽하여 건설에 쓴다.

ⓘ 건설할 때 건축물을 든든하게 하기 위하여 세멘트, 모래를 물로 반죽하고 철근을 넣어서 굳힌 철근콩크리트를 쓴다. 철근을 넣어주는 리유는 무엇인가?

세멘트는 그 화학조성으로부터 수용액이 알카리성을 띠므로 보관과 사용에서 주의하여야 한다.

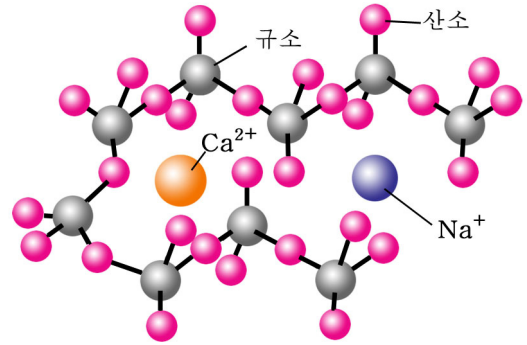
유리

유리는 일반적으로 규산염결정이 헝클어진 무정형고체이다.

그러므로 정해진 녹음점이 없고 열주면 물렁물렁해지다가 액체로 된다.

ⓘ 그림을 보고 유리가 왜 무정형고체로 되는가를 말하여라.

그림 2-43. 유리의 구조

유리는 조성에 따라 여러가지로 갈라볼 수 있다.

유리의 종류 표 2-11

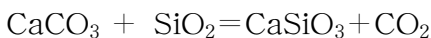
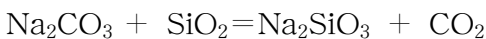
종류	기본원료	기본화학조성	성질	용도
소다유리	모래 탄산나트리움 석회석	SiO_2 Na_2O CaO	녹기 쉽다. (400~500℃) 약품에 상한다.	판유리 병
카리유리	모래 탄산칼리움 석회석	SiO_2 K_2O CaO	녹기 어렵다. 약품에 잘 견딘다.	화학실험용 유리기구
연유리	모래 탄산칼리움 산화연	SiO_2 K_2O PbO	녹기 쉽고 무겁다. 굴절률이 크다.	렌즈, 프리즘 등 광학기구들
석영유리	규소모래	SiO_2(석영)	열에 잘 견딘다.	실험기구

유리원료를 적당히 섞어 유리로에 넣고 1 400~1 600℃로 열준 다음 엉길 정도로 식혀 여러가지 모양으로 만들면 유리제품이 얻어진다.

판유리는 녹은 상태의 석(Sn)우로 유리녹음물을 흘려보내여 굳히는 방법으로 만든다.(그림 2-44)

소다유리를 만들 때 로에서는 다음의 반응이 일어난다.

$$Na_2CO_3 + SiO_2 = Na_2SiO_3 + CO_2$$

$$CaCO_3 + SiO_2 = CaSiO_3 + CO_2$$

유리를 녹인 상태에서 적당한 금속이나 금속산화물을 넣으면 색유리가 얻어진다.

산화동(Ⅰ), 금, 셀렌을 넣으면 붉은색, 산화코발트를 넣으면 푸른색, 산화크롬을 넣으면 풀색으로 된다. 보통 유리가 푸른색을 띠는것은 Fe^{2+}가 불순물로 들어있기때문이다. 그러므로 색을 없애려면 MnO_2 같은 산화제를 넣어 Fe^{2+}를 Fe^{3+}로 산화시켜야 한다.

그림 2-44. 판유리 만들기

도 자 기

그림 2-45. 고려자기

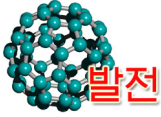
도자기는 점토(찰흙)를 높은 온도에서 구워 만든 제품이다.

도자기는 원료와 굽는 온도에 따라 토기(벽돌, 기와), 도기(독), 사기 등으로 나눈다.

슬기롭고 문명한 우리 민족은 오랜 옛날부터 도자기를 만들어 써왔다. 특히 고려자기(청자기, 백자기, 분장자기, 검은자기, 등)는 자기의 재질과 예술적가치가 아주 높아 지금도 세상에 널리 알려져있다.

도자기는 혼합 → 성형 → 건조 → 소결 → 랭각과정을 거쳐 만든다.

사기는 순수한 점토를 원료로 높은 온도에서 구워내므로 도기보다 희고 정갈하며 치밀하다. 보통 도자기제품을 만들 때에는 반제품에 칠물을 올린다. 칠물에 철, 동, 코발트 등 중금속이온을 넣으면 여러가지 아름다운 색갈을 얻을수 있다.

이런 사기제품은 식사도구나 장식품으로 많이 쓰인다. 이밖에 타일, 위생자기, 절연사기, 화학실험에서 쓰는 도가니, 증발접시도 모두 도자기제품이다.

정밀자기

사기, 도자기와 같은 전통적인 자기는 굳고 열에 잘 견디지만 가공하기 힘들고 온도가 갑자기 변하면 깨여진다.

이런 결함을 없애기 위해 규산염이 아닌 원료를 리용하여 새로운 자기를 만들었다. 그가운데서 순도높은 금속산화물과 유기화합물을 섞고 소성온도와 시간을 정밀하게 조절하여 정밀자기(세라믹스)를 만들어냈다. 정밀자기중에서 어떤것들은 높은 온도에서도 금속보다 더 굳고 부식되지 않으므로 각종 기계의 부분품으로 쓰인다. 또 어떤것들은 금속이나 합성수지보다 생물체에 더 안정하게 적용할수 있으므로 인공뼈, 인공이발과 같은 생체재료를 만들수 있다.

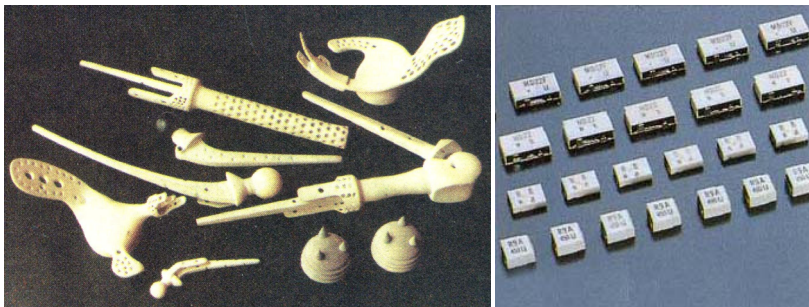
이밖에 자성이 보존되거나 일정한 온도에서 열을 내보내는 등 특이한 기능을 가진 정밀자기들이 많이 개발리용되고있다.

ㄱ) ㄴ)

그림 2-46. 정밀자기제품들 (ㄱ. 인공뼈, ㄴ. 압전자기)

문 제

1. 다음 빈자리에 알맞는 말을 써넣어라.
   ㄱ) 세멘트와 유리가 다같이 ____제품으로 되는것은 그 조성에 ____이 있기때문이다.
   ㄴ) 세멘트와 유리의 수용액은 무색의 ____을 분홍색으로 변화시킨다.
   ㄷ) 세멘트를 만드는 로를 회전시키는것은 ____때문이다.
   ㄹ) 판유리를 만들 때 녹은 상태의 석을 쓰는것은 _____때문이다.
2. 다음것들가운데서 정확한것은 ____이다.
   ㄱ) 유리는 맑고 투명하며 빛을 잘 통과시키므로 수정과 같은 결정이다.
   ㄴ) 불산은 유리나 철로 된 그릇에 넣어 보관한다.

ㄷ) 세멘트가 물과 작용할 때 굳어지는 속도를 석고함량으로 조절한다.

ㄹ) 회전로에 가루석탄을 넣는것은 세멘트를 만드는 과정에 발열반응만이 일어나기때문이다.

3. 카보런덤 5t을 만들자면 SiO_2이 92% 들어있는 모래와 탄소가 90% 들어있는 석탄이 얼마 있어야 하겠는가? (답. 8.15t, 5t)

4. 소다유리에는 Na_2O가 13%, CaO가 11.7%, SiO_2이 75.3% 들어있다. 소다유리 1t을 만들자면 탄산나트리움과 석회석, 이산화규소가 각각 얼마씩 있어야 하겠는가? (답. 222.3kg, 208.9kg, 753kg)

5. 세멘트를 만드는데 90% $CaCO_3$이 들어있는 석회석과 60%의 SiO_2이 들어있는 점토를 쓴다. 얻어진 세멘트에 CaO가 62%, SiO_2이 22% 포함되게 하자면 석회석 1t에 대하여 점토가 얼마나 필요한가? (답. 298kg)

6. 소다유리의 조성은 질량%로 SiO_2 75.3%, Na_2O 13%, CaO 11.7%이다. 소다유리의 조성을 나타내는 화학식을 구하여라.

장 종 합

1. 비금속원소, 단순물, 화합물의 성질

비금속원소와 단순물, 화합물의 성질은 주기표에서 규칙적으로 변한다.

원소주기표에서 비금속원소, 단순물, 화합물의 성질변화

족 / 주기	1	…	…	…	…	…	13	14	15	16	17
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											

2. 몇가지 이온검출

비금속원소와 그 화합물의 성질에 기초하여 몇가지 이온들을 다음과 같이 검출할수 있다.

몇가지 이온들의 검출

이온	검출시약	반 응
NH_4^+	NaOH 또는 $Ca(OH)_2$	$NH_4^+ + OH^- = NH_3\uparrow + H_2O$
X^-	$AgNO_3$	$Ag^+ + X^- = AgX\downarrow$ (AgCl; 흰색, AgBr; 연한 누런색, AgI; 누런색)
S^{2-}	$Pb(NO_3)_2$	$Pb^{2+} + S^{2-} = PbS\downarrow$ (검은색)
SO_4^{2-}	$BaCl_2$	$Ba^{2+} + SO_4^{2-} = BaSO_4\downarrow$ (흰색)
NO_3^-	Cu, H_2SO_4(짙은)	$Cu + 2NO_3^- + 4H^+ = Cu^{2+} + 2H_2O + 2NO_2\uparrow$ (밤색)
CO_3^{2-}	HCl, $Ca(OH)_2$ (석회수)	$CO_3^{2-} + 2H^+ = H_2O + CO_2\uparrow$ $Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3\downarrow$ (흰색) $+ H_2O$
PO_4^{3-}	$AgNO_3$	$3Ag^+ + PO_4^{3-} = Ag_3PO_4\downarrow$ (노란색)

복습문제

1. 다음 빈자리에 알맞는 글을 써넣어라.

ㄱ) 주기표에서 산화제적성질이 제일 센 족의 원소는 ____이고 그것들의 원자의 최외전자수는 ____이다. 이 족의 원소들의 수소화합물의 수용액은____을 나타내고 최대산화수를 가지는 수산화물은 ____을 나타낸다. 이 족의 원소들은 원자번호가 커감에 따라 산화제적성질이 점차 ____진다.

ㄴ) 질량이 각각 50g인 Cl_2, CO, NH_3, SO_2가운데서 분자수가 제일 적은것은 ____이고 30℃, 0.5MPa에서 체적이 제일 큰것은 ____이며 제일 작은것은 ____이다.

ㄷ) 이온방정식 $Ba^{2+} + SO_4^{2-} = BaSO_4\downarrow$은 ____을 표시한다. 이 변화를 나타낼 수 있는 하나의 화학방정식은 ____이다.

ㄹ) 산화환원반응의 견지에서 보면 세가지 기체 H_2, Cl_2, CO_2을 만들 때의 염산의 작용은 각각 ____이다.

ㅁ) 0.5mol/L KOH용액 ____mL에는 1g의 용질이 들어있다.

ㅂ) 질량이 m_1g인 $NaHCO_3$고체를 일정한 시간동안 가열한 후 남은 고체의 질량

을 측정하니 m_2g이였다. 분해되지 않은 $NaHCO_3$의 질량은 ______이고 생긴 Na_2CO_3의 질량은 _____이다.

2. X, Y, Z 는 주기표에서 서로 린접하여있는 원소로서 X와 Y는 같은 주기에 있고 Y와 Z는 같은 족에 있다. 그리고 세가지 원소의 원자에서 최외전자수의 총합은 17이고 양성자수의 총합은 31이다. 세가지 원소 X, Y, Z는 다음것들가운데서 ____이다.

ㄱ) N, O, S　　ㄴ) O, S, P　　ㄷ) O, F, Cl　　ㄹ) C, Si, P

3. 어떤 흰색가루는 KCl, K_2CO_3, $(NH_4)_2SO_4$, NH_4Cl과 $BaCl_2$ 5가지 물질들중의 세가지 물질로 이루어졌다. 이 가루를 물에 용해시켜 생긴 흰 침전물을 려과하였더니 무색의 용액이 얻어졌다. 얻은 침전물을 묽은 질산으로 처리하였더니 침전물이 조금 용해되고 기체가 생겼다. 려액에 $AgNO_3$용액을 떨구니 흰 침전물이 생기고 거기에 묽은 질산을 떨구어도 침전물이 용해되지 않았다. 처음 흰 가루속에 어떤 물질이 들어있었는가를 밝히고 해당한 이온방정식을 쓰라.

4. 7가지 기체 A, B, C, D, E, F, G 는 각각 CO, O_2, H_2, CO_2, Cl_2, HBr, HCl 가운데의 한가지이다. 다음의 실험에 기초하여 A, B, C, D, E, F, G가 각각 어떤 기체인가를 판단하여라.

ㄱ) A, B, C는 모두 물에 잘 용해되지 않으며 D, E는 물에 용해되여 일부가 반응하고 F, G는 물에 잘 용해된다.

ㄴ) A와 C는 모두 B속에서 연소될수 있으며 연소될 때에는 푸른색의 불길을 나타낸다. A와 B속에서 연소되여 생긴 물질은 보통상태에서 액체이며 C가 B속에서 연소된 후의 생성물은 D이다.

ㄷ) D는 무색의 기체로서 맑은 석회수를 흐리게 한다.

ㄹ) A는 E속에서 연소될수 있으며 연소된 후의 생성물은 F이다.

ㅁ) 적당한 량의 E를 G의 수용액에 넣으면 용액이 누런밤색으로 변한다.

ㅂ) G의 수용액의 pH는 7보다 작다. G의 수용액에 $AgNO_3$용액을 떨구어넣으면 침전물이 생긴다.

5. 네가지 기체 A, B, C, D가 있다. A는 밀도가 제일 작고 B는 보통상태에서 누런풀색이다. 4가지 기체를 산성의 $AgNO_3$이 있는 시험관에 넣었을 때 B, D를 넣은 시험관에서 인차 흰색침전물이 생겼다. A, B의 혼합기체가 들어있는 병에 센 빛을 쪼였더니 폭발이 일어나면서 동시에 기체 D가 생겼다. C를 맑은 석회수에 넣었더니 석회수가 흐려졌다.

ㄱ) 네가지 기체물질의 화학식을 쓰라.

ㄴ) 해당한 화학방정식과 이온방정식을 쓰라.

ㄷ) 실험실에서 세가지 기체 A, B, C를 얻어내는 장치를 그림그리고 어떻게 모으는가를 말하여라.

6. 어떤 비금속원소 R와 산소는 두가지 산화물 RO와 RO_2을 만들수 있다. RO에서 R의 질량%는 42.9%이다. 계산으로 RO_2의 화학식을 쓰라.

7. 일정한 질량의 Na_2CO_3과 $NaHCO_3$의 혼합물을 질량이 더 변하지 않을 때까지 가열하고 나오는 기체를 충분한 량의 $Ca(OH)_2$포화용액에 통과시켰더니 1.0g의 침전물이 얻어졌다. 가열한 후 남은 고체물질과 충분한 량의 염산을 반응시켜 1.12L(표준조건)의 기체를 얻었다. 처음 혼합물속의 두 물질의 질량비를 계산하여라. (답. 5:2)

8. 8.4g의 어떤 단순물 A는 일정한 량의 염산에서 0.3g의 H_2을 치환시키고 동시에 ACl_2 을 만든다. 다른 한가지 원소 B의 최대산화수에 해당한 산화물의 화학식은 BO_3이다. B의 수소화합물에서 B의 질량%는 94.1%이다.

ㄱ) A, B는 어떤 원소인가?

ㄴ) A, B사이의 반응을 화학방정식으로 나타내고 산화제, 환원제, 전자이동을 밝혀라.

9. 실험에서 다음의 물질들을 만들 때 기체만드는 장치가 같은것은 ______이다.

ㄱ) NH_3, HCl, O_2　　ㄴ) Cl_2, HCl, CO_2

ㄷ) CO_2, H_2S, H_2　　ㄹ) NH_3, CO_2, O_2

10. CO_2, H_2, CO로 된 혼합기체의 밀도가 같은 조건에서의 N_2기체의 밀도와 같다. CO_2, H_2, CO의 체적비가 정확한것은 ______이다.

ㄱ) 29:8:13　ㄴ) 22:1:14　ㄷ) 13:8:29　ㄹ) 26:16:58

11. 40mL의 NO와 O_2의 혼합기체를 충분한 량의 NaOH용액속에 불어넣었다. 완전히 반응한 후 용액속에는 $NaNO_2$과 NaOH만이 포함되여있고 나머지기체가 5mL라면 원래 혼합기체가운데서 NO의 체적은 몇mL인가? (답. 33mL)

12. 같은 온도, 같은 압력에서 H_2, O_2, Cl_2을 9:4:1의 체적비로 혼합하고 밀페된 그릇에서 전기불꽃으로 불을 붙여 충분히 반응시킨 후 랭각시켰다. 액체상태로 얻어지는 용액의 %농도는 얼마인가? (답. 33.6%)

13. H_2S와 O_2의 혼합기체 15L를 태워 충분히 반응시킨 후 처음상태(298K, 0.1MPa)에 이르게 하였다면 나머지기체가 VL이다. 처음 혼합기체에서 H_2S의 체적이 XL이고 V값이 3과 같을 때 X의 값은 ____로 된다.

금속원소와 그 화합물

알루미니움과 그 화합물
아연과 그 화합물
착화합물
망간, 철, 동의 화합물
과도원소와 그 단순물
금속의 성질
합금과 순금속

제3장. 금속원소와 그 화합물

지금까지 알려진 110여가지의 화학원소들가운데서 대부분은 금속원소이다.

금속과 그의 화합물들은 나라의 국방력을 강화하며 경제강국건설에서 없어서는 안될 중요한 물질들이다. 철, 동, 아연, 연, 알루미니움은 우리 생활에서 흔히 보게 되고 많이 쓰이는 금속들이며 강철에 티탄, 크롬, 니켈과 같은 금속들을 섞어 만든 금속재료는 부식에 잘 견디는 내부식성재료로 리용되고있다.

이 장에서는 4학년에서 배운 알카리금속, 흙알카리금속에 대한 지식에 기초하여 금속원소의 성질, 그 단순물과 화합물의 성질, 리용에 대하여 보다 깊이있게 학습한다.

제1절. 알루미니움과 그 화합물

알루미니움은 대표적인 경금속이며 금속들가운데서 철다음으로 많이 생산리용되는 금속이다. 사람들이 쓰고있는 가정용품들가운데는 알루미니움으로 만든것이 많다.

알루미니움제품이 많이 쓰이는것은 무엇때문인가.

알루미니움원소

? $_{13}Al$의 전자배치를 궤도기호로 표시하고 몇주기, 몇족원소이며 양성원소인가 음성원소인가를 말하여라.

알루미니움원소는 최외전자층($3s^2 3p^1$)에 3개의 전자를 가지고있으므로 최외전자수가 1인 나트리움원소나 최외전자수가 2인 마그네시움원소보다는 전기적양성이 약하다.

알루미니움은 전기음성도가 1.5이며 화합물에서 +3의 산화수를 가진다.

알루미니움단순물

알루미니움의 단순물은 금속이며 금속결합으로 이루어진 금속결정이다.

알루미니움은 가볍고($\rho = 2.7 g/cm^3$) 무른 금속이다. 녹음점이 660℃이고 전기와 열을 잘 전달하며 두드려서 쉽게 판으로 펼수도 있고 가는 줄로 뽑을수도 있다.

알루미니움은 가벼운 합금을 만드는데 쓴다.

몇가지 알루미니움의 합금 　　　　　　　　표 3-1

합금의 이름	합금의 조성
듀랄루민	Cu 3.8~4.8%, Mg 0.4~0.8%, Mn 0.4~0.8%, 나머지는 Al
마그날리움	Mg 10~30%, Fe<0.5%, Si<0.5%, 나머지는 Al
실루민	Si 8~13%, Mg 0.1~0.3%, Mn 0.2~0.5%, 나머지는 Al

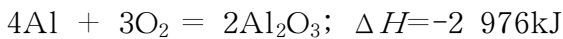
알루미니움합금은 가볍고 굳으므로 로케트, 비행기, 자동차의 부속품과 일용품들 그리고 창문틀 같은것을 만드는데 쓰이며 알루미니움선은 전기줄로 많이 쓰인다.

※ Al의 전기전도도는 동의 60%정도이지만 가볍기때문에 전기줄로 쓰인다.
　같은 량의 전기를 흘러보내는 알루미니움의 질량은 동의 질량의 절반밖에 안된다.

알루미니움은 활성이 세며 여러가지 물질들과 잘 반응한다.

? 전자배치로부터 알루미니움은 나트리움이나 마그네시움보다 금속으로서의 활성이 더 센가 약한가?

갓 만든 알루미니움가루에 불을 붙이면 눈부신 빛을 내면서 산화된다.

$$4Al + 3O_2 = 2Al_2O_3;\ \Delta H = -2\ 976kJ$$

이때 내는 열은 모든 금속들의 연소열가운데서 가장 크다.

그러나 알루미니움은 공기속에서 보통온도에서는 반응하지 않는다. 그것은 금속겉면이 치밀한 구조를 가진 산화물의 얇은 막으로 덮여있기때문이다.

알루미니움은 산소와 잘 결합하므로 금속산화물에서도 산소를 쉽게 떼낸다.

그러므로 환원하기 힘든 금속산화물들을 환원시키는 환원제로 쓰인다.(테르미트반응)(그림 3-1)

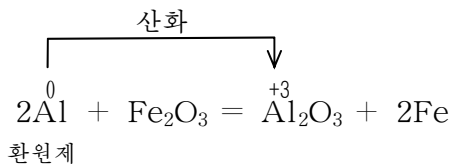



그림 3-1. 테르미트반응

※ 테르미트반응: 알루미니움가루와 산화철(Ⅲ) Fe_2O_3가루의 혼합물에 불을 달면 3 000℃이상

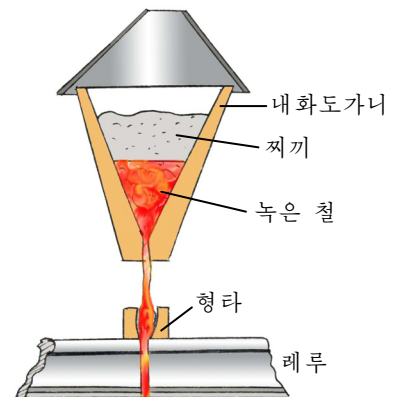



그림 3-2. 알루미니움테르미트법

의 높은 온도가 형성되면서 반응한다. 이때 Fe_2O_3은 환원되여 녹은 철이 얻어진다. 생긴 철은 녹은 상태로 끊어진 철길레루와 철관의 용접 등에 리용된다. 일반적으로 금속가루를 써서 금속산화물을 환원시켜 금속을 얻어내는 반응을 테르미트반응이라고 하며 우의 방법은 알루미니움테르미트법이라고 부른다.(그림 3-2)
테르미트반응은 잘 환원되지 않는 금속산화물(례: Cr_2O_3, Co_2O_3 등)로부터 금속을 얻는데 리용된다.

알루미니움은 산소뿐아니라 비금속인 염소와도 잘 반응한다.

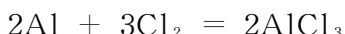
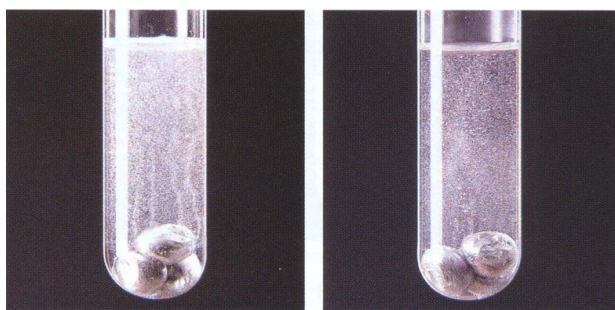
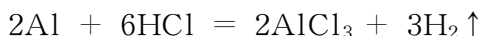
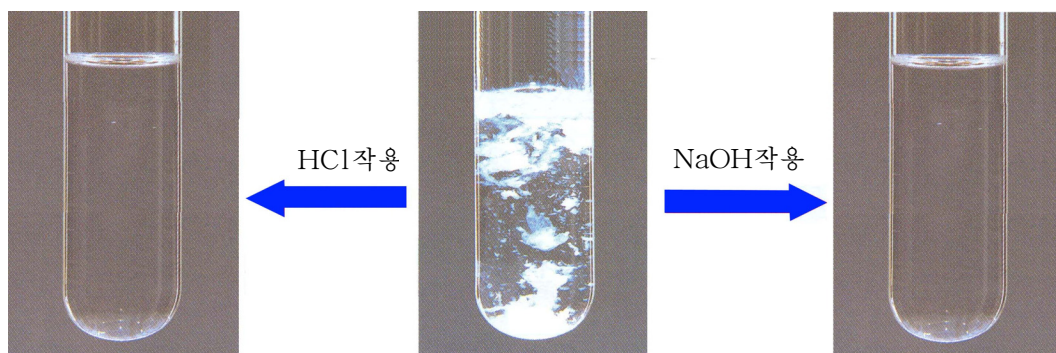
$$2Al + 3Cl_2 = 2AlCl_3$$

알루미니움은 산과도 반응하고 알카리와도 반응한다. 이때 다같이 수소기체가 나온다.(그림 3-3)

그림 3-3. Al과 HCl 및 NaOH와의 반응

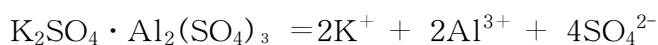
$$2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2\uparrow$$
$$2Al + 2NaOH + 6H_2O = 2Na[Al(OH)_4] + 3H_2\uparrow$$

테트라히드록소알루민(Ⅲ)산나트리움

ⓘ 화합물에서 알루미니움은 어떤 산화수를 가지는가? 그에 해당한 산화물과 수산화물의 화학식을 쓰고 어떤 화학성질을 가진 물질인가를 말하여라.

그림 3-4. 수산화알루미니움의 성질

알루미니움의 화합물

알루미니움의 화합물로서 가장 많이 쓰이는것이 《칼리움알루미니움명반》(일명 백반)이라고 부르는 $K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$이다.

이 물질은 물에 잘 용해되며 염을 이루는 개별이온들로 해리된다.

$$K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 = 2K^+ + 2Al^{3+} + 4SO_4^{2-}$$

이처럼 두가지이상의 염으로 이루어져있으며 수용액에서 염을 이루는 개별이온들로 해리되는 염을 **복염**이라고 부른다.

※ 명반은 복염의 한 종류이다.
명반이란 일반식이 $M^{(I)}M^{(III)}(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$인 류산복염이다.
$M^{(I)}$, $M^{(III)}$은 전하수가 1+, 3+인 양이온이다.

칼리움알루미니움명반의 화학식을 간단히 $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$로 쓸수 있다.
백반은 가죽이기는데 쓰이며 염색공업에서 매염제로, 수도물을 정제하는데도 쓰인다.

몇가지 명반의 화학식과 이름 표 3-2

화학식	이름	색
$KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	칼리움알루미니움명반(백반)	무색
$NaAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	나트리움알루미니움명반	무색
$NH_4Al(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	암모니움알루미니움명반	무색
$NH_4Fe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	암모니움철명반	연한 보라색
$KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	칼리움크롬명반	보라색

참 고 알루미니움제품의 걸면처리

공장에서는 알루미니움제품을 만들 때 그 겉면을 산화시켜 결정구조가 치밀한 산화알루미니움막을 두텁게 입혀준다. 이렇게 만든 알루미니움제품은 물과 반응하지 않는다.

알루미니움제품의 겉면을 덮고있는 산화물막이 벗겨지면 제품이 인차 못쓰게 된다. 그러므로 알루미니움제품은 겉면이 손상되지 않게 써야 하며 거기에 센산이나 알카리가 묻지 않게 해야 한다.

문 제

1. 산화알루미니움과 수산화알루미니움의 HCl과의 반응, NaOH와의 반응을 화학방정식으로 나타내여라.
2. 알루미니움그릇에 식초나 빨래비누를 오래 담아두지 말아야 한다. 그 리유는 무엇인가?
3. 알루미니움 1.35g과 완전히 반응하는데 필요한 20% 염산의 질량은 얼마인가?

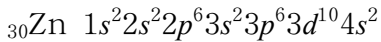
이때 생긴 H_2기체는 25℃, 0.1MPa에서 몇L인가? (답. 27.38g, 1.83L)

4. 암모니움알루미니움명반의 수용액에 어떤 이온들이 들어있는가? 매개 이온을 어떤 실험으로 알아낼수 있는가?

제2절. 아연과 그 화합물

아연은 우리 생활에서 철과 함께 많이 쓰이는 금속들중의 하나이다.(그림 3-5)

아연원소

원자번호가 30인 아연원소의 원자의 전자배치는 다음과 같다.

$_{30}Zn\ 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2$

ⓘ 아연원자는 몇개의 전자층을 가지며 최외전자수는 얼마인가? *s*원소인가 *d*원소인가? 전형원소인가 과도원소인가?

그림 3-5. 아연의 리용

아연원소는 4주기 12족원소이며 아연원소처럼 전자배치가 $(n-1)d^{10}ns^2$로 끝나는 카드미움 Cd, 수은 Hg를 아연족원소라고 부른다.

아연족원소는 전형원소이다.

전자배치로부터 아연족원소들은 화합물에서 +2의 산화수를 가진다. 아연족원소는 양성원소이며 그 단순물은 금속이다.

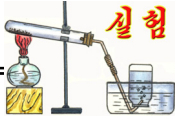
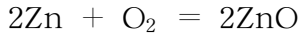
아연족원소의 전자배치　표 3-3

원소	전자배치
$_{30}Zn$	$3d^{10}4s^2$
$_{48}Cd$	$4d^{10}5s^2$
$_{80}Hg$	$5d^{10}6s^2$

아연의 성질

아연은 은백색의 금속이며 녹음점은 420℃, 밀도는 7.1g/cm^3이다.

아연은 활성이 크지만 보통온도에서 공기와 물속에서도 안정하다. 그것은 아연의 겉면에 촘촘한 산화물 또는 수산화물의 얇은 막이 생기기때문이다. 그러나 높은 온도에서 아연은 쉽게 산화된다.

$$2Zn + O_2 = 2ZnO$$

아연과 산 및 염기와의 반응

① 한 시험관에 아연쪼각을 넣고 짙은 염산을 넣는다. 나오는 기체에 불을 달아본다.

어떤 현상이 일어나는가?

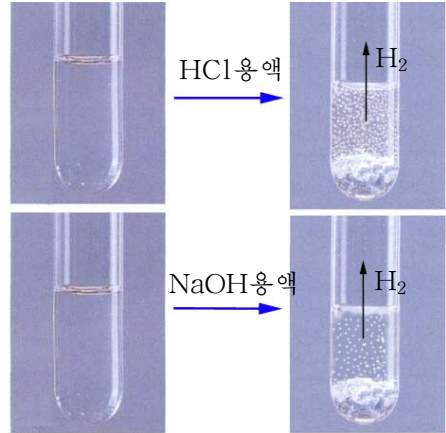
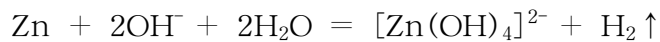
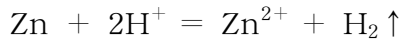
② 다른 시험관에 아연쪼각을 넣고 짙은 가성소다용액을 넣는다. 어떤 현상이 나타나는가?

나오는 기체에 불을 달아본다.

두 실험으로부터 아연이 어떤 성질을 가진다고 말할수 있는가?

아연은 알루미니움처럼 산과도 알카리와도 반응하여 수소기체를 낸다.

$$Zn + 2H^+ = Zn^{2+} + H_2\uparrow$$

$$Zn + 2OH^- + 2H_2O = [Zn(OH)_4]^{2-} + H_2\uparrow$$

테트라히드록소아연(Ⅱ)산이온

아연은 철의 부식을 막기 위한 아연도금철판, 여러가지 합금(례: 황동, 양은), 건전지, 아연화를 만드는데 쓴다.

아연의 화합물

원자의 전자배치로부터 아연원소는 화합물에서 +2의 산화수를 가진다.

아연의 산화물 ZnO와 수산화물 $Zn(OH)_2$은 흰색의 가루이며 물에 용해되지 않는 량성산화물, 량성수산화물이다.

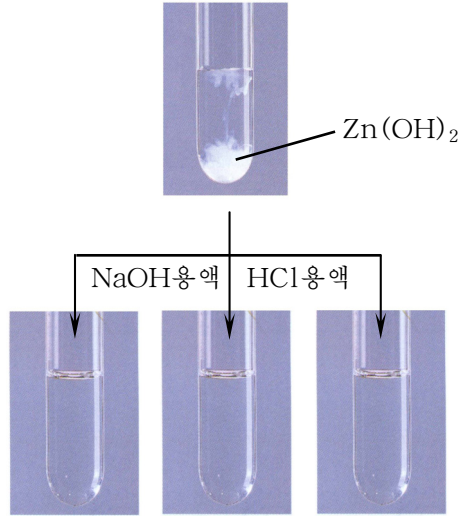
? 산화아연과 산, 염기와의 반응을 이온방정식으로 쓰라.

산화아연은 아연화라고도 하는데 흰 색감, 의약품, 화장품, 흰 고무를 만드는데 쓰인다.

수산화아연을 만들고 그의 성질을 알아보자.

① 한 시험관에 류산아연용액을 넣고 거기에 가성소다용액을 몇방울 떨군다. 일어나는 현상을 화학방정식으로 쓰고 설명하여라.

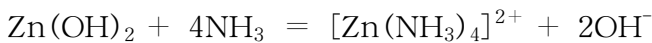
② 얻어진것을 세 시험관에 가르고 한 시험관에는 가성소다용액을 더 넣고 다른 시험관에는 염산용액을 넣고 흔든다. 세번째 시험관에는 짙은 암모니아수를 떨구고 흔든다.

어떤 현상이 나타나는가?

수산화아연은 알카리와 다음과 같은 반응을 하여 용해된다.

$$Zn(OH)_2 + 2OH^- = [Zn(OH)_4]^{2-}$$

ⓘ 수산화아연과 염산과의 반응을 이온방정식으로 쓰라.

수산화아연은 암모니아수와도 반응하여 용해된다.

$$Zn(OH)_2 + 4NH_3 = \underset{\text{테트라암민아연(II)이온}}{[Zn(NH_3)_4]^{2+}} + 2OH^-$$

아연염(Zn^{2+})의 대표적인 실례는 표 3-4와 같다.

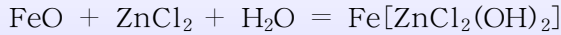
몇가지 아연염 표 3-4

이 름	화학식	성 질	리 용
류산아연	$ZnSO_4$	색없는 결정, 물에 잘 용해된다.	매염제, 눈약, 아연비료
염화아연	$ZnCl_2$	색없는 결정, 물에 잘 용해된다.	목재방부제
류화아연	ZnS	흰색결정, 물에 용해되지 않는다.	형광물질

청 강 수

청강수는 아연을 염산에 용해시켜 만든 염화아연 $ZnCl_2$용액이다.

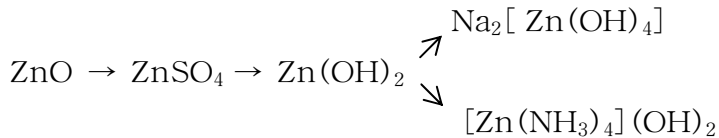
이때 염산을 아연과 반응한 후 조금 남게끔 넣는다. 납땜할 때 청강수를 바르고 열주면 철겉면의 녹이 다음과 같이 반응한다.

$$FeO + ZnCl_2 + H_2O = Fe[ZnCl_2(OH)_2]$$

이때 생겨난 물질은 휘발하기 쉬운 물질이므로 철겉면의 녹이 없어져 납이 제품에 잘 붙게 한다.

문 제

1. 베릴리움족원소와 아연족원소의 전자배치를 궤도기호로 나타내고 같은 점과 다른 점을 밝혀라.

2. 다음의 변화를 화학방정식으로 나타내여라.

$$ZnO \rightarrow ZnSO_4 \rightarrow Zn(OH)_2 \begin{cases} \nearrow Na_2[Zn(OH)_4] \\ \searrow [Zn(NH_3)_4](OH)_2 \end{cases}$$

3. Al^{3+}와 Zn^{2+}이 섞인 용액에서 두 이온을 따로따로 갈라내기 위하여 아래와 같은 실험조작을 하였다. 실험방법의 순서가 옳은것을 선택하여라.

① 혼합용액에 염산을 넣는다.

② 혼합용액에 가성소다용액을 과잉량 넣는다.

③ 혼합용액에 암모니아수를 과잉량 넣는다.

④ 반응시약을 넣어 얻은 용액을 원심분리한다.

ㄱ) ①, ④　　ㄴ) ②, ④　　ㄷ) ②, ①, ④　　ㄹ) ③, ④

4. 다음의 실험내용을 화학방정식으로 나타내여라.

① 아연가루를 공기속에서 태워서 생긴 흰 가루는 물에 넣었을 때는 용해되지 않으나 가성소다용액에 넣으면 용해된다.

② 탄산아연을 세게 열주면 흰 가루가 생긴다.

③ 류산아연용액에 암모니아수를 과잉으로 넣으면 생겼던 침전물이 용해된다.

④ 염화아연용액에 류화수소를 흘려보내면 흰 침전물이 생긴다.

제3절. 착화합물

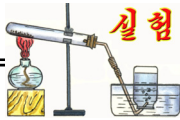
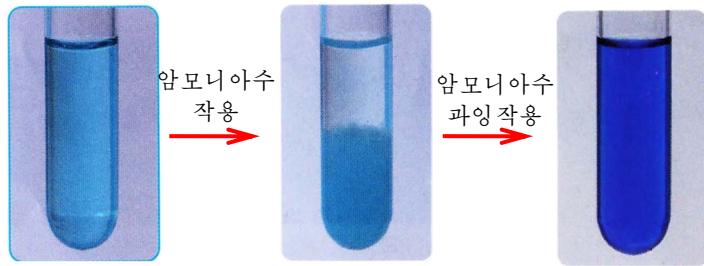
착화합물은 우리 주위에서 흔히 찾아볼수 있다.

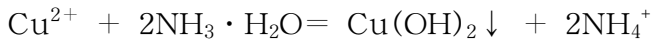
록색식물의 빛합성을 실현시키는 촉매인 엽록소는 Mg^{2+}의 착화합물이며 사람의 피속에 있는 철이온 Fe^{2+}도 단백질과 결합하여 착화합물형태로 있다.

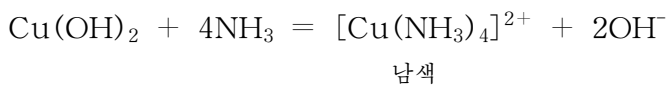
우리가 앞에서 배운 $Na[Al(OH)_4]$, $Na_2[Zn(OH)_4]$ 등도 착화합물이다.

그러면 착화합물은 어떤 화학결합으로 이루어진 물질인가.

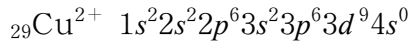
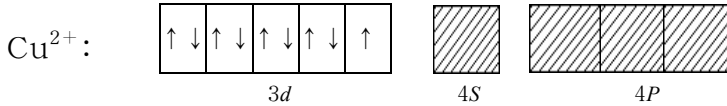
착체

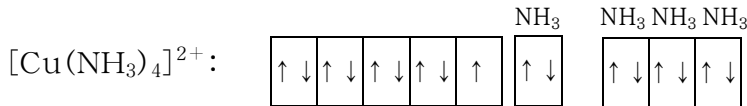
류산동용액에 암모니아수를 계속 작용시킬 때 착화합물이 생긴다.

처음에 생긴 연한 푸른색의 침전물은 수산화동이다.

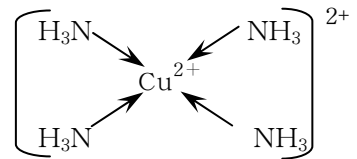
$$Cu^{2+} + 2NH_3 \cdot H_2O = Cu(OH)_2 \downarrow + 2NH_4^{+}$$

암모니아수를 계속 넣을 때 침전물이 용해되면서 남색용액이 생긴다.

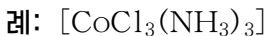
$$Cu(OH)_2 + 4NH_3 = \underset{\text{남색}}{[Cu(NH_3)_4]^{2+}} + 2OH^{-}$$

그러면 $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$는 어떻게 형성되는가.

동이온 Cu^{2+}의 전자배치는 다음과 같다.

$_{29}Cu^{2+}$ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^9 4s^0$

결국 최외전자층의 $4s$궤도에는 전자가 없는 빈궤도가 있으며 이와 에네르기준위가 비슷한 $4p$궤도에도 전자가 없다.

Cu^{2+}처럼 과도금속의 이온들은 에네르기준위가 비슷한 빈궤도를 가지고있으므로 전자쌍을 받아들이는 받개로 된다.

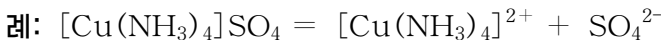
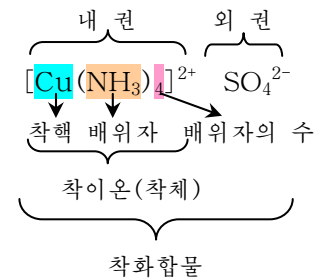
NH_3분자는 N원자에 화학결합에 참가하지 않은 비공유전자쌍이 1개 있으므로 주개로 된다. 결국 Cu^{2+}과 NH_3사이에는 배위결합이 이루어진다.

배위결합에서 주개가 전자쌍을 내주는 방향을 화살표(→)로 표시하면 $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$의 구조식은 다음과 같이 쓸수 있다.

주개와 받개사이에 배위결합을 하여 이루어진 분자 또는 이온을 착체라고 하며 착체가 들어있는 화합물을 착화합물이라고 부른다. 그리고 착체에서 주개를 배위자, 받개를 착핵이라고 부른다.

착체가 분자이면 그대로 착화합물이 된다.

례: $[CoCl_3(NH_3)_3]$

착체가 이온이면 그것을 착이온이라고 부른다.

착이온(내권)이 다른 이온(외권)과 이온결합을 하여 이루어진 착화합물은 물에 용해될 때 내권과 외권으로 해리된다.

례: $[Cu(NH_3)_4]SO_4 = [Cu(NH_3)_4]^{2+} + SO_4^{2-}$

$Na_2[Zn(OH)_4] = 2Na^+ + [Zn(OH)_4]^{2-}$

$Na_2[Zn(OH)_4]$은 세가지 이온 Na^+, Zn^{2+}, OH^-으로 이루어져있으나 그것은 개별이온들로 해리되지 않는다. 그것은 착핵과 배위자사이의 배위결합이 든든하기때문이다.

$[Cu(NH_3)_4]SO_4$, $Na_2[Zn(OH)_4]$과 같이 착이온이 들어있는 염을 착염이라고 부른다.

? 복염과 착염의 성질에서 다른 점은 무엇인가?

$H_2[Zn(OH)_4]$, $[Cu(NH_3)_4](OH)_2$은 물에 용해될 때 착이온과 함께 H^+, OH^-로 해리되므로 이런 착화합물을 각각 착산, 착염기라고 한다.

착화합물의 화학식쓰기와 이름부르기

착화합물의 화학식쓰기와 이름부르기는 IUPAC(유파크)에서 제정한 원칙에 따라 한다.

착화합물의 화학식은 앞서 배운 무기화합물에서처럼 양이온(양성부분)을 먼저 쓰고 음이온(음성부분)은 그뒤에 쓴다.(표 3-5)

이름부르기는 그 반대로 한다.

착화합물에 들어있는 몇가지 배위자의 이름은 표 3-6에서처럼 부른다.

배위자의 수는 그리스수사로 부른다.(표 3-7)

착이온이 양이온일 때에는 다음과 같은 순서로 이름부른다.

이름 = 배위자의 수 + 배위자이름 + 금속원소이름(그의 산화수) + 《이온》

례: $[Ag(NH_3)_2]^+$
디암민은(Ⅰ)이온

착이온이 음이온일 때에는 《이온》이라는 말앞에 《산》을 덧붙여 부른다.

례: $[Zn(OH)_4]^{2-}$
테트라히드록소아연(Ⅱ)산이온

염화코발트(Ⅲ) $CoCl_3$에 NH_3를 작용시킬 때 생기는 착화합물 표 3-5

착화합물	색
$[Co(NH_3)_6]Cl_3$ 염화헥사암민코발트(Ⅲ)	누런색
$[CoCl(NH_3)_5]Cl_2$ 염화펜타암민모노클로로코발트(Ⅲ)	진한 보라색
$[CoCl_2(NH_3)_4]Cl$ 염화테트라암민디클로로코발트(Ⅲ)	보라색 또는 풀색
$[CoCl_3(NH_3)_3]$ 트리암민트리클로로코발트(Ⅲ)	장미색

몇가지 배위자의 이름 표 3-6

배위자	이 름	배위자	이 름
NH_3	암민	F^-	플루오로
H_2O	아쿠아	Cl^-	클로로
CO	카르보닐	Br^-	브로모
OH^-	히드록소	SO_4^{2-}	술파토
CN^-	시아노	$S_2O_3^{2-}$	티오술파토

그리스수사 표 3-7

배위자의 수	1	2	3	4	5	6
그리스수사	모노	디	트리	테트라	펜타	헥사

※ 착체는 양이온 또는 음이온이 될수 있으며 $[CoCl_3(NH_3)_3]$과 같이 중성분자도 있다. 착체에 들어있는 배위자의 종류가 두가지인 경우 화학식을 쓸 때에는 배위자의 화학식이 영어자모순서에서 앞에 있는것을 먼저 쓴다.(표 3-5 참고)

례: $[CoCl_3(NH_3)_3]$ 옳음 $[Co(NH_3)_3Cl_3]$ 틀림

문 제

1. 착화합물 $Na_2[Cu(CN)_4]$, $[Co(NH_3)_6]Cl_3$, $H_2[PtCl_4]$, $[Zn(NH_3)_4](OH)_2$이 있다.
   ① 매 착화합물의 이름을 부르고 해리방정식을 쓰라.
   ② 그 수용액이 산성을 띠는것, 염기성을 띠는것, 중성을 띠는것을 각각 고르라.
   ③ 매 착화합물이 1mol씩 들어있는 수용액에 질산은을 작용시켰을 때 흰 침전물이 생기는것은 어느것이며 몇mol 생기는가?
2. 다음 착이온들의 이름을 부르고 착핵의 전하수를 밝혀라.
   $[Fe(CN)_6]^{4-}$, $[Fe(CN)_6]^{3-}$, $[Ti(H_2O)_6]^{3+}$, $[Ag(NH_3)_2]^{+}$
3. 다음의 변화에 해당한 생성물들의 화학식을 써넣고 화학방정식을 완성한 다음 착화합물에 대해서는 이름을 부르고 착핵, 배위자, 배위자의 수, 착체의 전하수를 지적하여라.
   ㄱ) $Zn(OH)_2 + NaOH \rightarrow$
   ㄴ) $Al(OH)_3 + NaOH \rightarrow$
   ㄷ) $Cu(OH)_2 + NH_3 \rightarrow$
   ㄹ) $Zn(OH)_2 + NH_3 \rightarrow$
   ㅁ) $FeCl_2 + K_3[Fe(CN)_6] \rightarrow$

제4절. 망간, 철, 동의 화합물

망간, 철, 동원소들은 마지막전자가 *d*궤도에 배치되는 과도원소들이다. *ns*궤도의 전자뿐아니라 $(n-1)d$궤도의 전자도 화학결합에 참가하므로 망간, 철, 동원소는 여러가지 산화수를 가지며 화합물도 여러가지이다.

망간의 화합물

망간은 화합물에서 여러가지 산화수 +2, +3, +4, +6, +7을 가진다.(그림 3-6)

그림 3-6. 망간의 전자배치

Ⓘ 망간 $_{25}Mn$의 전자배치를 궤도기호로 나타내고 몇주기 몇족원소인가를 말하여라. 우와 같은 산화수를 가지려면 어느 궤도의 전자가 화학결합에 참가해야 하는가?

망간의 산화수에 해당한 산화물과 수산화물의 화학식과 성질변화는 아래와 같다.

산화물	$\overset{+2}{Mn}O$	$\overset{+3}{Mn}_2O_3$	$\overset{+4}{Mn}O_2$	$\overset{+6}{Mn}O_3$	$\overset{+7}{Mn}_2O_7$
수산화물	$Mn(OH)_2$	$Mn(OH)_3$	$Mn(OH)_4$	H_2MnO_4 망간산	$HMnO_4$ 과망간산

← 량성 →

염기성이 세진다. 산성이 세진다.

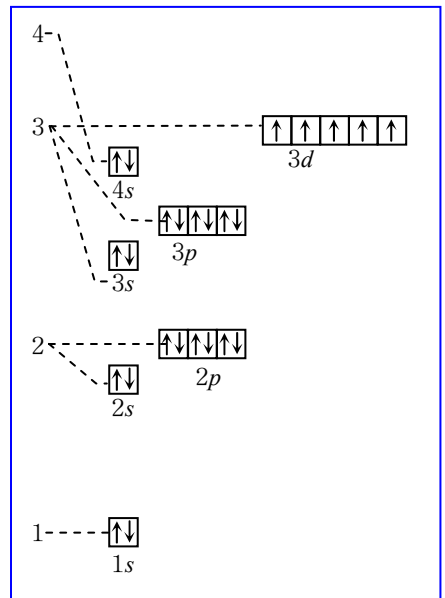
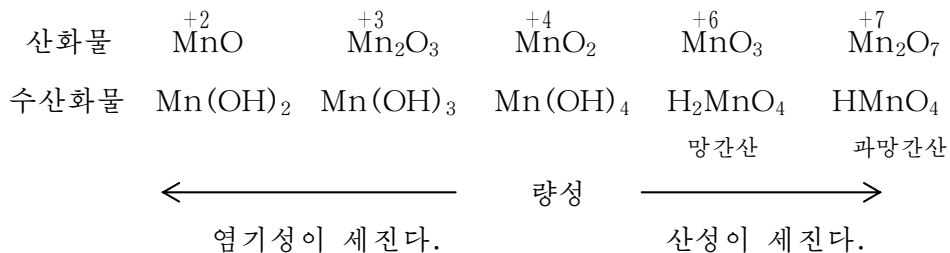
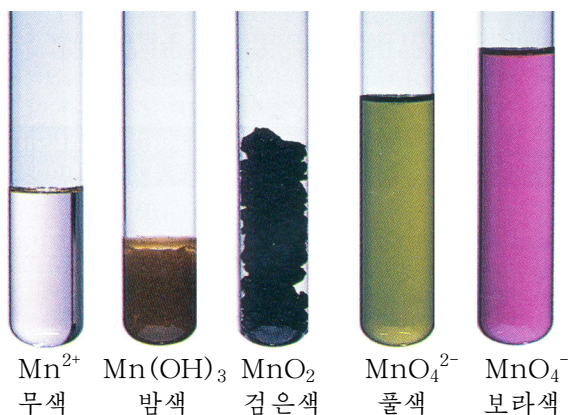



그림 3-7. 망간의 몇가지 화합물

망간의 최대산화수에 해당한 물질들은 산화환원반응에서 산화제로만 작용하며 산화수 +4, +6에 해당한 물질들도 산화제적성질을 가진다.

ⓘ 망간의 최소산화수는 얼마이며 그에 해당한 물질은 산화제적성질을 가지는가 환원제적성질을 가지는가?

산화망간(IV) MnO_2은 검은색의 가루이며 물에 용해되지 않는다. 높은 온도에서 분해되면 산소를 내보낸다.

이산화망간은 비교적 센 산화제이다.

$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$$

이산화망간은 건전지, 도자기의 유약, 유리 만드는데 쓰인다.

과망간산칼리움 $KMnO_4$은 망간의 중요한 화합물이다.

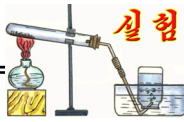
과망간산칼리움은 검은보라색결정이며 물에 잘 용해된다. 이때 보라색을 띤 과망간산이온 MnO_4^-이 생긴다.

$$KMnO_4 = K^+ + MnO_4^-$$

과망간산칼리움결정은 열주면(220℃) 산소를 내면서 분해된다.

$$2KMnO_4 = K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2\uparrow$$

이 반응을 리용하여 실험실에서 산소기체를 만들수 있다.

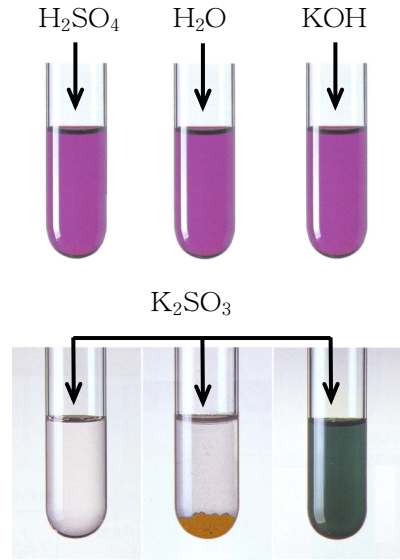
과망간산칼리움은 센 산화제이다.

실험

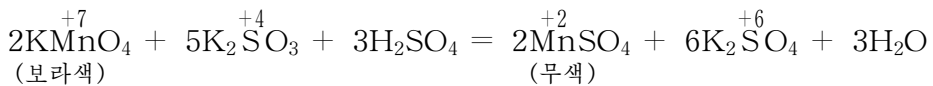
$KMnO_4$의 산화제적성질

① 세개의 시험관에 과망간산칼리움용액을 넣는다.

② 첫 시험관에 묽은 H_2SO_4용액, 둘째 시험관에 물, 셋째 시험관에 KOH 용액을 두방울씩 넣는다.

③ 세 시험관에 다같이 아류산칼리움용액을 넣는다.

매 시험관에서 용액의 색이 어떻게 변하는가?

용액속에서 과망간산칼리움의 산화작용은 매질의 pH에 관계된다.

산성매질에서는 $\overset{+7}{Mn}$이 $\overset{+2}{Mn}$까지 환원되면서 다른 물질을 산화시킨다.

$$2K\overset{+7}{Mn}O_4 + 5K_2\overset{+4}{S}O_3 + 3H_2SO_4 = 2\overset{+2}{Mn}SO_4 + 6K_2\overset{+6}{S}O_4 + 3H_2O$$

(보라색) (무색)

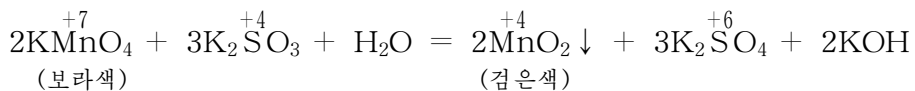
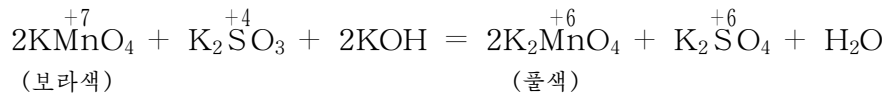
중성매질에서는 $\overset{+7}{Mn}$이 $\overset{+4}{Mn}$까지 환원되면서 다른 물질을 산화시킨다.

$$2K\overset{+7}{Mn}O_4 + 3K_2\overset{+4}{S}O_3 + H_2O = 2\overset{+4}{Mn}O_2\downarrow + 3K_2\overset{+6}{S}O_4 + 2KOH$$

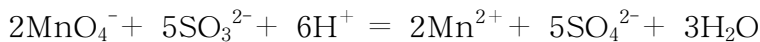
(보라색) (검은색)

센 염기성매질에서는 $\overset{+7}{Mn}$이 $\overset{+6}{Mn}$까지 환원되면서 다른 물질을 산화시킨다.

$$2K\overset{+7}{Mn}O_4 + K_2\overset{+4}{S}O_3 + 2KOH = 2K_2\overset{+6}{Mn}O_4 + K_2\overset{+6}{S}O_4 + H_2O$$

(보라색) (풀색)

과망간산칼리움의 산화제적성질은 산성매질에서 가장 세다.

산성매질에서 $KMnO_4$의 산화제적성질을 나타낸 화학방정식을 이온방정식으로 쓰면 다음과 같다.

$$2MnO_4^- + 5SO_3^{2-} + 6H^+ = 2Mn^{2+} + 5SO_4^{2-} + 3H_2O$$

이 반응은 이온이 참가하여 일어나는 산화환원반응이므로 이온산화환원반응이라고 한다. 이온산화환원반응은 산화수변화가 있는 이온반응이다.

철의 화합물

철은 화합물에서 +2, +3의 산화수를 가진다.

ⓘ 철의 산화수가 +2, +3인 산화물과 수산화물의 화학식을 쓰라.

철의 주요화합물은 표 3-8과 같다.

철의 주요화합물 표 3-8

이 름	화 학 식	성 질	용 도
산화철(Ⅲ)	Fe_2O_3	붉은밤색가루, 염기성산화물	색감, 연마제
류산철(Ⅱ)	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	연한 풀색결정, 환원제적성질을 가진다.	환원제, 매염제, 잉크, 목재방부제
염화철(Ⅲ)	$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	누런색결정, 누기빨성이 크다.	산화제, 지혈제
황혈염	$K_4[Fe(CN)_6] \cdot 3H_2O$	누런색결정, 물에 잘 용해된다.	Fe^{3+} 검출시약
적혈염	$K_3[Fe(CN)_6]$	붉은색결정, 물에 잘 용해된다.	Fe^{2+} 검출시약

ⓘ 철염(Fe^{2+}, Fe^{3+})의 용액에 알카리를 넣으면 어떤 현상이 일어나는가? 그 원인을 이온방정식으로 쓰고 설명하여라.

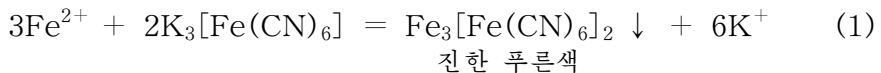
Fe^{2+}와 Fe^{3+}의 검출

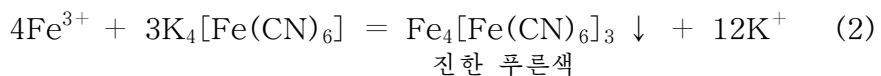
① 한 시험관에 묽은 류산철(Ⅱ)용액을 넣고 적혈염용액을 방울방울 떨군다. 어떤 현상이 나타나는가?

② 다른 두 시험관에 염화철(Ⅲ)용액을 넣고 한쪽에는 황혈염용액을, 다른쪽에는 티오시안산칼리움용액을 떨군다.

어떤 현상이 나타나는가?

2가철염(Fe^{2+})에 적혈염을 작용시키면 진한 푸른색의 침전물이 생긴다.

$$3Fe^{2+} + 2K_3[Fe(CN)_6] = \underset{\text{진한 푸른색}}{Fe_3[Fe(CN)_6]_2} \downarrow + 6K^+ \quad (1)$$

3가철염(Fe^{3+})에 황혈염을 작용시키면 진한 푸른색의 침전물이 생긴다.

$$4Fe^{3+} + 3K_4[Fe(CN)_6] = \underset{\text{진한 푸른색}}{Fe_4[Fe(CN)_6]_3} \downarrow + 12K^+ \quad (2)$$

3가철염(Fe^{3+})에 티오시안산칼리움을 작용시키면 용액이 피색으로 된다.

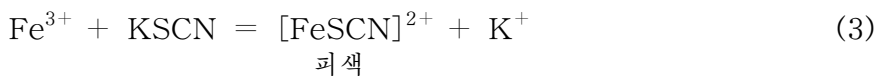
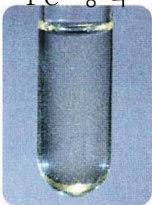
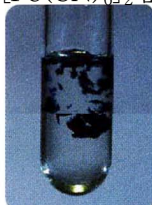
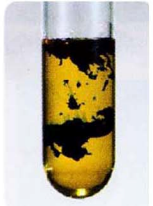
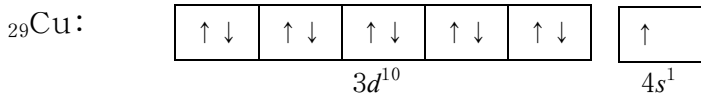
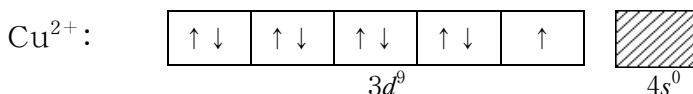
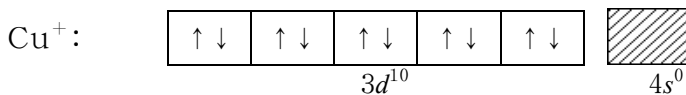
$$Fe^{3+} + KSCN = \underset{\text{피색}}{[FeSCN]^{2+}} + K^+ \quad (3)$$

이 성질을 리용하여 Fe^{2+}와 Fe^{3+}이온을 알아본다.(그림 3-8)

철이온 \ 반응시약	NaOH용액	$K_4[Fe(CN)_6]$용액	$K_3[Fe(CN)_6]$용액	KSCN용액
Fe^{2+}용액 연풀색	$Fe(OH)_2$침전 연풀색		$Fe_3[Fe(CN)_6]_2$침전 진한 푸른색	
Fe^{3+}용액 누런색	$Fe(OH)_3$침전 붉은밤색	$Fe_4[Fe(CN)_6]_3$침전 진한 푸른색		피색용액

그림 3-8. 철이온검출방법

첫번째 반응은 설계도면을 복사하는 청사진에 쓰이며 두번째 반응에서 생긴 침전물은 푸른색칠감으로 쓰인다.

동의 화합물

동은 화합물에서 +1, +2의 산화수를 가진다.
이때 동원자의 어느 전자가 화학결합에 참가하는가를 보자.
동원자의 전자배치: $_{29}Cu$ $1s^22s^22p^63s^23p^63d^{10}4s^1$
$4s$궤도와 $3d$궤도의 전자배치를 궤도방모형으로 나타내면 아래와 같다.

Cu로부터 Cu^+와 Cu^{2+}이온이 생길 때 전자배치의 변화는 다음과 같다.

동의 산화수가 +1과 +2에 해당한 산화물과 수산화물의 성질은 표 3-9와 같다.

동의 산화물과 수산화물 　　　　　　　　　　　　　　　표 3-9

산 화 수	+1	+2
산 화 물	Cu_2O(붉은색)	CuO(검은색)
수 산 화 물	$CuOH$(누런색)	$Cu(OH)_2$(연한 푸른색)

여기서 안정한것은 산화수가 +2인 화합물이다.

산화동(Ⅱ) CuO는 동을 공기속에서 열주거나 수산화동, 탄산동, 질산동을 열주어 분해시킬 때 얻어지는 검은색의 가루이다. CuO는 공기속에서 높은 온도로 열주면 분해되여 붉은색의 Cu_2O로 된다.

$$4CuO = 2Cu_2O + O_2\uparrow$$

CuO는 산화제로, 유리의 색감(푸른색)으로 쓰인다.

ⓘ CuO는 산성산화물인가 염기성산화물인가? 어떤 물질들과 반응하는가?

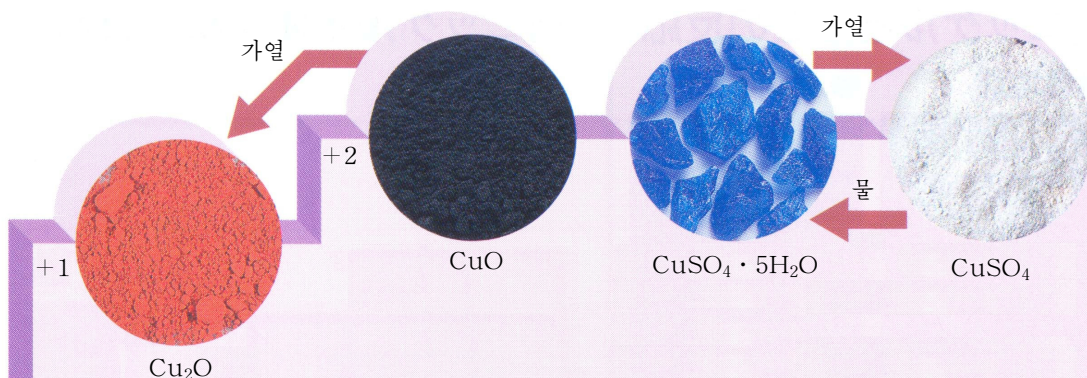
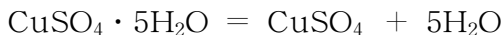



그림 3-9. 동의 몇가지 화합물의 변화

류산동결정 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$는 동부스러기에 공기를 불어넣으면서 묽은 류산을 작용시켜 만든다.

$$2Cu + O_2 + 2H_2SO_4 = 2CuSO_4 + 2H_2O$$

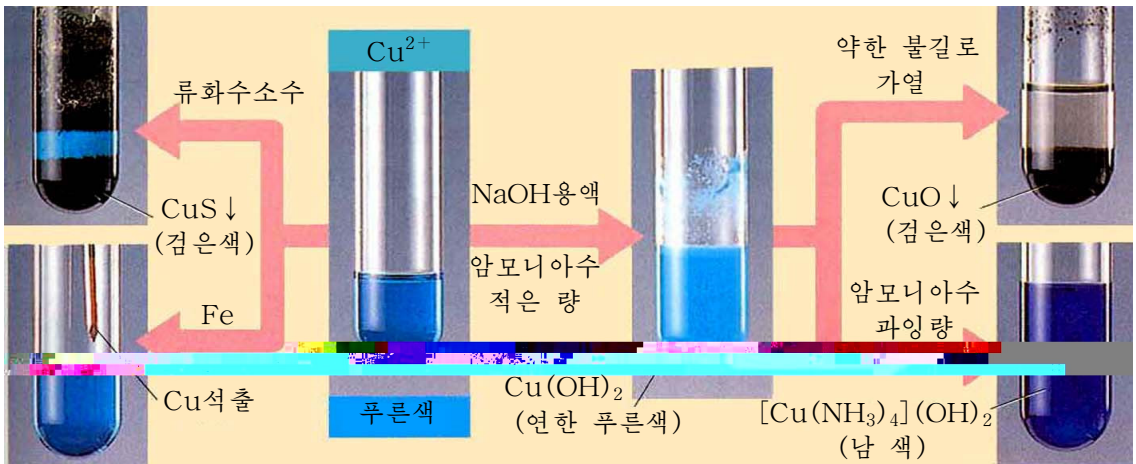
류산동결정은 푸른색이지만 열을 주면 흰색의 가루 $CuSO_4$으로 된다.(그림 3-10)

$$CuSO_4 \cdot 5H_2O = CuSO_4 + 5H_2O$$

이 반응의 역반응은 물기의 존재를 확인하거나 물기를 빨아들이는데 리용된다.

류산동은 동도금액을 만드는데 쓰이며 살균제(보르도액)를 만드는데 쓰인다.

그림 3-10. 류산동결정의 가열

동염(Cu^{2+})용액에 여러가지 물질을 작용시키면 그림 3-11과 같은 화학변화가 일어난다.

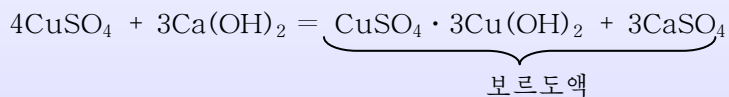
그림 3-11. 동이온 Cu^{2+}의 반응

Ⓘ 그림을 보고 일어나는 반응을 화학방정식으로 나타내여라.

참 고 보르도액

보르도액은 류산동, 소석회, 물을 1.6:1.1:100으로 넣고 섞은것이다.

1885년에 프랑스의 보르도대학 교수 미라레이에 의해 발명되였다.

Cu^{2+}은 독이 있는데 특히 하등생물에 대하여 센 독작용을 한다. 그런데 류산동을 그냥 쓰면 용액이 산성을 띠므로 어린 식물의 싹과 잎에 해롭다. 그러므로 가수분해되지 않고 물에 용해되지 않는 물질로 만든것이 보르도액이다.

$$4CuSO_4 + 3Ca(OH)_2 = \underbrace{CuSO_4 \cdot 3Cu(OH)_2 + 3CaSO_4}_{\text{보르도액}}$$

과일, 감자, 남새 등의 생산에서 살균제로 널리 쓰인다.

탐구 적혈염용액에 Fe^{3+}이 있는가?

필요한 시약: 적혈염, ＿＿＿＿＿＿

사고방향: 용액속에서 Fe^{3+}이온은 어떤 물질과 반응하여 피색으로 변한다.

결론: ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿.

문 제

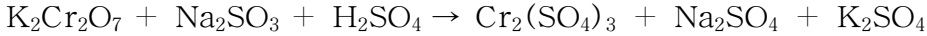
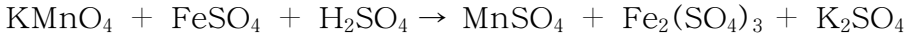
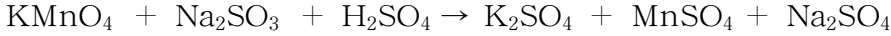
1. 과망간산칼리움이 중성매질과 센 염기성매질에서 아류산염을 류산염으로 산화시키는 이온산화환원반응을 이온방정식으로 쓰라.

2. 다음의 반응들에서 산화수변화를 찾고 화학방정식의 결수를 맞추어라.

$KMnO_4 + Na_2SO_3 + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + MnSO_4 + Na_2SO_4$

$KMnO_4 + FeSO_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + Fe_2(SO_4)_3 + K_2SO_4$

$KMnO_4 + HCl \rightarrow MnCl_2 + Cl_2 + KCl$

$K_2Cr_2O_7 + Na_2SO_3 + H_2SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + Na_2SO_4 + K_2SO_4$

3. Fe^{2+}염에 알카리를 작용시키면 풀색의 침전물 $Fe(OH)_2$이 생긴다. 이것을 공기중에 가만히 놓아두면 점차 붉은밤색의 $Fe(OH)_3$으로 된다. 이 과정을 화학방정식으로 쓰라.

4. 일정한 질량의 산화동가루를 0.5L의 묽은 류산용액에 충분히 반응시키고 거기에 50g짜리 철판을 잠그었다. 철판의 질량이 더는 변하지 않을 때까지 놔두었다가 꺼내보니 철판의 질량이 처음보다 0.24g 더 늘었다. 이때 224mL의 수소기체(표준조건)가 나왔다. 이로부터 산화동가루의 질량은 ( )이다. 옳은 답을 선택하여라.

ㄱ) 2.4g ㄴ) 8g ㄷ) 6.4g ㄹ) 1.29g

5. Zn^{2+}와 Cu^{2+}이 섞여있는 용액이 있다. 어떤 방법으로 이 이온들을 갈라낼수 있는가? 반응을 이온방정식으로 쓰라.

6. 어떤 용액속에 Cu^{2+}, Fe^{2+}, Al^{3+}이 섞여있다. 매개 이온을 갈라내려면 어떻게 하여야 하겠는가?

7. $_{26}Fe$로부터 Fe^{2+}와 Fe^{3+}이온이 생겨날 때 이 이온들의 전자배치를 표시한 아래의것들가운데서 옳은것을 선택하여라.

ㄱ) $1s^22s^22p^63s^23p^64s^23d^4$ ㄷ) $1s^22s^22p^63s^23p^64s^23d^6$

ㄴ) $1s^22s^22p^63s^23p^64s^03d^6$ ㄹ) $1s^22s^22p^63s^23p^64s^03d^5$

8. 염화철(Ⅲ)용액에 동판을 잠그었을 때 일어나는 현상을 설명한 아래 문장들가운데서 옳은것을 선택하여라.

① 염화철(Ⅲ)과 동은 반응하지 않는다.

② 염화철(Ⅲ)과 동은 반응한다.

③ 동판의 겉면에 철이 나붙는다.

④ 동판이 용해되여 Cu^{2+}이 생겨난다.

⑤ $FeCl_3$은 산화제적성질을 가지므로 동을 산화시킨다.

ㄱ) ①, ③ ㄴ) ②, ④ ㄷ) ②, ③ ㄹ) ②, ④, ⑤

제5절. 과도원소와 그 단순물

주기표에서 과도원소의 위치

철, 동, 망간원소들처럼 마지막전자가 d궤도에 배치되는 원소들이 과도원소이다. 과도원소들은 주기표의 제3족부터 제11족에 놓이며 1, 2, 3주기에는 없고 4, 5, 6, 7주기에 놓인다.

지금까지 발견된 110여가지의 화학원소들가운데서 60여가지의 원소가 과도원소이다.

주기표에서 과도원소의 위치 　　　　표 3-10

주기＼족	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1																		
2																		
3																		
4			${}_{21}$Sc	${}_{22}$Ti	${}_{23}$V	${}_{24}$Cr	${}_{25}$Mn	${}_{26}$Fe	${}_{27}$Co	${}_{28}$Ni	${}_{29}$Cu							
5			${}_{39}$Y	${}_{40}$Zr	${}_{41}$Nb	${}_{42}$Mo	${}_{43}$Tc	${}_{44}$Ru	${}_{45}$Rh	${}_{46}$Pd	${}_{47}$Ag							
6			란타노이드	${}_{72}$Hf	${}_{73}$Ta	${}_{74}$W	${}_{75}$Re	${}_{76}$Os	${}_{77}$Ir	${}_{78}$Pt	${}_{79}$Au							
7			악티노이드	${}_{104}$Rf	${}_{105}$Db	${}_{106}$Sg	${}_{107}$Bh	${}_{108}$Hs	${}_{109}$Mt	${}_{110}$Ds	${}_{111}$Rg							

※ 57-71: 란타노이드 15가지 원소, 　89-103: 악티노이드 15가지 원소

과도원소의 특징

파도원소들은 전형원소와 달리 최외전자수가 모두 1 또는 2이다.

제4주기 과도원소들의 전자배치 　　　　표 3-11

원　소	K	L		M			N
	1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s
${}_{21}$Sc	2	2	6	2	6	1	2
${}_{22}$Ti	2	2	6	2	6	2	2
${}_{23}$V	2	2	6	2	6	3	2
${}_{24}$Cr	2	2	6	2	6	5	1
${}_{25}$Mn	2	2	6	2	6	5	2
${}_{26}$Fe	2	2	6	2	6	6	2
${}_{27}$Co	2	2	6	2	6	7	2
${}_{28}$Ni	2	2	6	2	6	8	2
${}_{29}$Cu	2	2	6	2	6	10	1

이로부터 과도원소들은 최외전자층의 전자를 쉽게 내주려고 하는 양성원소라는 것을 알수 있다.

과도원소의 화학성질은 전형원소와 달리 원자번호가 커져도 크게 변하지 않으며 주기표에서 가로줄에 놓인 원소들의 성질도 매우 비슷하다.

과도원소들은 양성원소이므로 단순물은 모두 금속이다. 대부분의 과도금속은 밀도가 크고 녹음점과 끓음점이 높으며 전기전도도와 열전도도도 크다.

몇가지 과도금속의 밀도와 녹음점 표 3-12

	밀도가 큰 금속			녹음점이 높은 금속		
금 속	${}_{76}Os$	${}_{77}Ir$	${}_{78}Pt$	${}_{74}W$	${}_{73}Ta$	${}_{42}Mo$
밀도/$g \cdot cm^{-3}$	22.48	22.42	21.45	19.3	16.6	10.2
녹음점/℃	3 050	2 443	1 769	3 410	2 996	2 620

과도원소들은 0외에 여러가지 산화수를 가진다.(그림 3-12)

그것은 최외전자층에 있는 *ns*궤도와 아낙전자층에 있는 $(n-1)d$궤도의 에네르기준위가 비슷하여 *s*전자와 함께 *d*전자가 결합에 참가할수 있기때문이다.

과도원소의 가장 큰 산화수(최대산화수)는 대체로 그 원소가 놓인 족번호와 같으며 8, 9, 10족원소만은 주요산화수가 +2, +3이고 11족원소에서는 주요산화수가 +1, +2이다.

※ 한 원소가 여러가지 산화수를 가진 산화물과 수산화물을 만들었을 때 산화수가 작은 물질은 염기성을 가지며 산화수가 큰 물질은 산성을 나타낸다.

+2	+3	+6
CrO	Cr_2O_3	CrO_3
$Cr(OH)_2$ ⟵	$Cr(OH)_3$ ⟶	H_2CrO_4
염기성	량성	산성

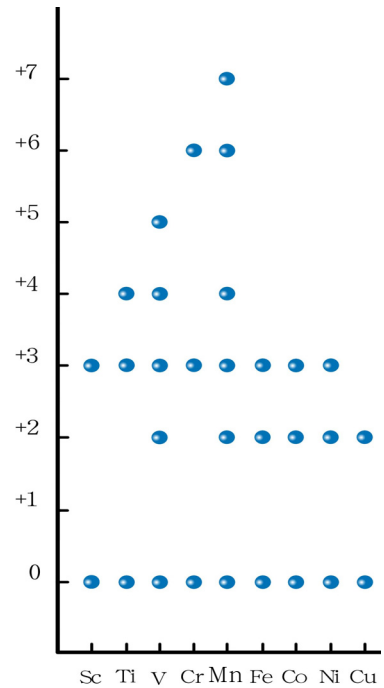
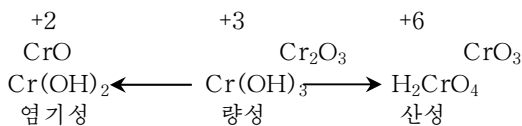



그림 3-12. 제4주기 과도원소들의 주요산화수

? 과도원소의 최대산화수에 해당한 물질들

은 산화제적성질을 가지는가 환원제적성질을 가지는가? 과도원소의 최소산화수는 얼마이며 그에 해당한 물질은 산화제인가 환원제인가?

파도원소는 모두 합금을 잘 만든다. 그것은 파도원소들의 원자반경이 서로 비슷하고 결정구조가 비슷하기때문이다. 중요한 합금은 거의 모두 파도금속의 합금들이다.

파도금속의 이온들은 거의 모두 색을 낸다.(표 3-13)

파도원소에서 최외전자층의 *ns*궤도와 아낙전자층의 $(n-1)d$궤도의 에네르기준위가 비슷하므로 전자는 보임빛의 에네르기를 받아서 바로 우에 있는 빈궤도로 쉽게 려기될수 있다.

몇가지 과도금속이온의 색 표 3-13

이온	수용액에서의 색	이온	수용액에서의 색
Cu^{2+}	푸른색	Cr^{3+}	풀색
Fe^{2+}	연한 풀색	Ni^{2+}	풀색
Fe^{3+}	누런색	MnO_4^-	보라색

이때 파도금속이온이 흡수한 빛을 내놓은 나머지빛이 색으로 나타나게 된다. *nd*궤도에 홀전자가 없을 때에는 색을 가지지 않는다. $TiCl_4$은 Ti^{4+}의 $3d$궤도에 전자가 없으므로 무색이다. $(n-1)d$궤도가 다 차지 못했을 때 산화수도 여러가지이고 색도 가지게 된다.(표 3 -14)

티탄염화물의 색 표 3-14

화학식	$TiCl_4$	$TiCl_3$	$TiCl_2$
전자배치	$3d^0$	$3d^1$	$3d^2$
색	무색	보라색	검은색

전형원소의 금속이온들은 *nd*궤도에 전자가 없으므로 거의나 색을 띠지 않는다.

파도금속의 이온들은 착체를 잘 만든다.

파도원소의 단순물과 화합물들가운데서 많은것들이 촉매작용을 한다.

공업적으로 중요한 촉매는 거의 다 파도원소로 이루어진 물질들이다. 파도원소들은 화학반응에 대하여 촉매로서의 활성이 매우 크다.(표 3-15)

몇가지 화학반응에서 촉매 표 3-15

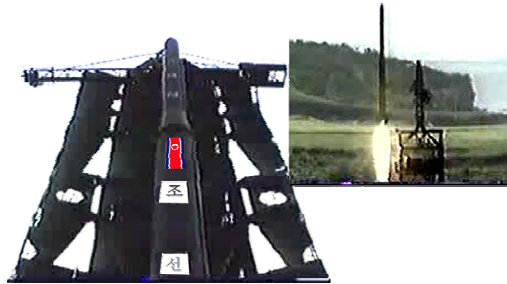
촉 매	반응의 실례	촉 매	반응의 실례
Fe	$N_2 + 3H_2 = 2NH_3$	V_2O_5	$2SO_2 + O_2 = 2SO_3$
Pt	$4NH_3 + 5O_2 = 4NO + 6H_2O$	MnO_2	$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$
			$2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$

21세기의 금속 — 티탄

티탄은 1791년 도이췰란드 화학자 클라프로트가 발견하였다.

티탄이라는 이름은 고대그리스신화에 나오는 《티탄》신의 이름에서 유래되였다.

《티탄》신은 굳센 의지와 지혜, 재능을 가진 신이였다. 과도금속인 티탄은 밀도(ρ =4.5g/㎤)가 작고 기계적세기가 크며 녹음점이 1 660℃, 끓음점이 3 287℃이다. 티탄은 물기있는 염소기체(센 산화제)에 의해서도 부식되지 않으며 바다물에 대한 내부식성이 특별히 세다. 높은 온도에서도 내부식성이 좋다. 그러므로 티탄과 그의 합금은 비행기공업과 우주산업, 선박공업과 화학공업을 비롯한 여러 부문에서 널리 쓰인다.

우리 나라에서 단 한번의 발사로 성공한 인공지구위성 《광명성1》호와 그 운반로케트도 티탄과 그 합금으로 만든 재료를 리용하였다.

문 제

1. 과도원소와 전형원소의 전자배치에서 다른 점을 말하여라.

2. Ti, V, Cr, Mn의 최대산화수에 해당한 산화물과 산소산의 화학식을 쓰라.

3. 다음 문장들의 □안에 알맞는 말을 써넣어라.

① 과도원소의 □은 □ 금속이다. 대부분의 □들은 모두 굳고 □가 크며 □, □이 높다.

② 과도원소의 □는 여러가지이다. 그것은 □의 전자배치의 특성으로 하여 □의 전자와 함께 □의 전자도 화학결합에 참가하기때문이다.

제6절. 금속의 성질

금속을 옳게 리용하자면 그 성질을 잘 알아야 한다.

주기표에서 금속원소의 위치

대부분의 화학원소들은 금속원소이다. 원소주기표에 있는 전형원소의 일부와 파도원소들모두가 금속원소이다.

주기표에서 금속원소의 위치 표 3-16

주기＼족	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1																		
2	$_{3}$Li	$_{4}$Be																
3	$_{11}$Na	$_{12}$Mg											$_{13}$Al					
4	$_{19}$K	$_{20}$Ca	$_{21}$Sc	$_{22}$Ti	$_{23}$V	$_{24}$Cr	$_{25}$Mn	$_{26}$Fe	$_{27}$Co	$_{28}$Ni	$_{29}$Cu	$_{30}$Zn	$_{31}$Ga	$_{32}$Ge				
5	$_{37}$Rb	$_{38}$Sr	$_{39}$Y	$_{40}$Zr	$_{41}$Nb	$_{42}$Mo	$_{43}$Tc	$_{44}$Ru	$_{45}$Rh	$_{46}$Pd	$_{47}$Ag	$_{48}$Cd	$_{49}$In	$_{50}$Sn	$_{51}$Sb			
6	$_{55}$Cs	$_{56}$Ba	란타노이드	$_{72}$Hf	$_{73}$Ta	$_{74}$W	$_{75}$Re	$_{76}$Os	$_{77}$Ir	$_{78}$Pt	$_{79}$Au	$_{80}$Hg	$_{81}$Tl	$_{82}$Pb	$_{83}$Bi	$_{84}$Po		
7	$_{87}$Fr	$_{88}$Ra	악티노이드	$_{104}$Rf	$_{105}$Db	$_{106}$Sg	$_{107}$Bh	$_{108}$Hs	$_{109}$Mt	$_{110}$Ds	$_{111}$Rg							

파도원소(기타는 전형원소)

금속원소

금속원소의 성질

금속원소들은 대체로 최외전자수가 1~3이므로 전자를 내주고 양이온으로 되려는 성질을 가진 양성원소이다.

따라서 금속원소들은 전기음성도가 비교적 작고(0.7~1.9) 그 값은 같은 족에서는 원자번호가 커짐에 따라 작아지며 같은 주기에서는 커진다.

금속원소들은 단순물에서 0의 산화수를 가지며 화합물에서는 +의 산화수를 가진다.

금속의 물리성질

① 금속은 보통온도에서 수은을 제외하고 모두 고체이며 금속결정을 이룬다.

② 금속은 윤기를 가지며 열과 전기를 잘 전달한다.

금속이 윤기를 가지는것은 금속결정안에서 자유롭게 운동하는 자유전자가 빛을 반사하기때문이다.

대부분의 금속들은 은백색 또는 회백색의 윤기를 가지며 금과 동만이 누런색과 붉은색을 띤다.

몇가지 금속들의 전기전도도차례를 보면 다음과 같다.

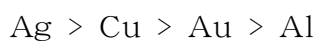
Ag > Cu > Au > Al

③ 금속은 두드려 벼릴수도 있고 로라로 밀어 얇은 막으로 만들수도 있으며(전성) 가는 줄로 뽑을수도 있다.(연성)(그림 3-13)

그림 3-13. 금속의 전성과 연성

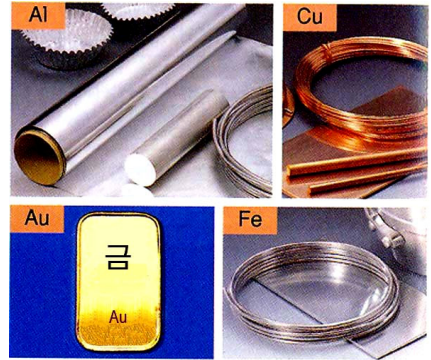
이런 성질로 하여 금속은 각이한 형태의 금속재료들을 만들어 건축재료로, 가정용품을 만드는데 쓰인다.

④ 금속들의 굳기, 밀도, 녹음점은 서로 심하게 차이난다.

알카리금속들은 매우 무르고(칼로 쉽게 자를수 있다.) 밀도가 작고 녹음점이 낮다.(Cs의 녹음점 29℃)

보통온도에서 제5, 6, 7, 8, 9, 10족원소들의 금속은 굳고 밀도가 크며 녹음점이 높다.

밀도가 5g/cm^3이하인 금속을 **경금속**, 5g/cm^3이상인 금속을 **중금속**이라고 부른다.

대체로 원자량이 작은 금속원소들의 단순물들이 가볍다.

몇가지 금속의 밀도 표 3-17

경 금 속		중 금 속	
금 속	밀 도/g·cm^{-3}	금 속	밀 도/ g·cm^{-3}
리티움	0. 53	아연	7. 14
나트리움	0. 97	철	7. 87
마그네시움	1. 74	동	8. 9
알루미니움	2. 7	연	11. 34
티탄	4. 5	금	19. 3
		오스미움	22. 48

? 일정한 질량을 가진 어떤 금덩어리가 순수한 금으로 되여있지 않고 그속에 은이 섞여있다는것을 어떤 실험방법으로 알수 있겠는가?

일부 금속들의 물리성질

녹음점이 제일 높은 금속	W(3 410℃)
전기를 제일 잘 통과시키는 금속	Ag
전성과 연성이 제일 좋은 금속	Au
밀도가 가장 작은 금속	Li(0.53g/cm^3)
밀도가 가장 큰 금속	Os(22.48g/cm^3)

흑색금속과 유색금속

금속은 그 색과 성질에 따라 유색금속과 흑색금속으로 나눈다. 흑색금속에는 철과 그의 합금, 크롬, 망간과 같은 금속이 속하며 유색금속에는 나머지 금속들이 속한다.

흑색금속이라고 하여 철, 망간, 크롬이 다 검은것은 아니다. 순수한 철, 망간은 은백색이고 크롬은 재빛색이다.

그런데 철의 걸면이 쉽게 산화되여 검은색의 Fe_3O_4이나 붉은밤색의 Fe_2O_3이 생겨 이 혼합물에 가리워져 검은색으로 보이는것이다.

제일 자주 보게 되는 합금철은 망간철과 크롬철이므로 망간과 크롬도 흑색금속으로 되였다.

금속의 화학성질

금속은 그것을 이루고있는 원소들의 전기적양성이 센것으로 하여 화학반응에서 보통 환원제로 된다. 즉 환원제적성질이 세다.

거의 모든 금속은 산소, 염소, 류황과 같은 비금속 그리고 산, 염기, 염과 같은 화합물과 반응한다. 금속의 활성은 금속마다 다르다.

? 금속의 활성차례를 말하여라.

다른 물질과의 반응을 통하여 금속의 활성이 나타나므로 그것을 금속의 활성차례와 결부시켜 살펴보자.

단순물과의 반응. ① 거의 모든 금속들은 산소와 반응하여 염기성산화물 또는 량성산화물을 만든다.

활성차례에서 K으로부터 Al까지의 금속들은 마른 공기속에서 보통온도에서도 쉽게 산화된다. 그러나 걸면에 생긴 산화물막으로 하여 Mg와 Al은 보통 가열하여야 산화된다.

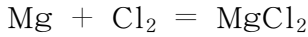
Zn, Fe, Pb 같은 금속들은 보통온도에서 누기찬 공기속에서만 산화되여 녹쓴다. 그러나 Ni, Sn 같은 금속들은 보통온도와 누기찬 공기속에서도 산화되지 않고 안정하지만 열을 주면 산화된다.

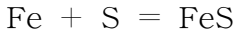
? Ni, Cr, Sn을 도금에 쓰는것은 이 금속들의 어떤 성질을 리용한것인가?

일부 금속들은 산소와 직접 반응하여 산화물을 만들지 않는다.

실례로 Ag와 Au는 산화되지 않는다.

② 금속들은 할로겐단순물과 반응하여 염을 만든다.

$$Mg + Cl_2 = MgCl_2$$

③ 금속들은 류황과 반응하여 염을 만든다.

$$Fe + S = FeS$$

화합물과의 반응. ① 적지 않은 금속들은 물과 반응하여 수소기체를 내보낸다.

ⓘ 보통온도에서 물과 세차게 반응하는 금속들을 실례를 들어 화학방정식으로 써보아라.

Mg는 보통온도에서 물과 느리게 반응하고 Al, Zn은 보통온도에서는 물과 반응하지 않지만 수증기나 끓는 물과 반응하며 Fe는 빨갛게 달군 상태에서 수증기와 반응한다.

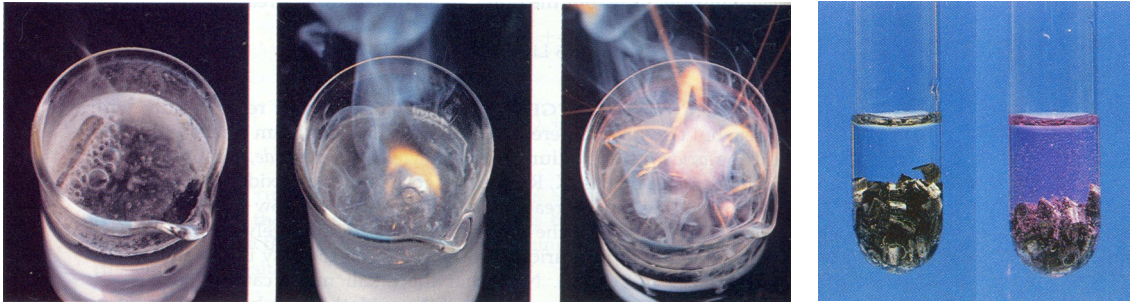
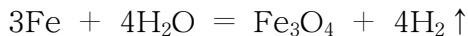
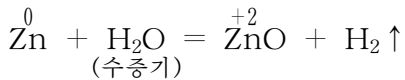
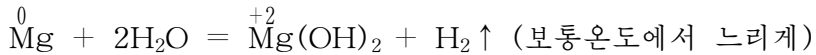
이때 수소와 함께 염기 혹은 산화물이 생긴다.

Li 세차게　　Na 맹렬히　　K 폭발적으로　　Mg 느리게　　페놀프탈레인을 넣은 경우

그림 3-14. 몇가지 금속들의 물과의 반응

$$\overset{0}{Mg} + 2H_2O = \overset{+2}{Mg}(OH)_2 + H_2\uparrow \text{ (보통온도에서 느리게)}$$

$$\overset{0}{Zn} + \underset{(\text{수증기})}{H_2O} = \overset{+2}{Zn}O + H_2\uparrow$$

$$3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2\uparrow$$

Ni과 그뒤에 있는 금속들은 물과 반응하지 않는다.

※ Fe_3O_4은 검은색이며 결정구조가 매우 치밀하다. 총을 비롯한 무기와 공구류들의 걸면이 검은것은 철겉면을 부식에 안정한 Fe_3O_4막으로 입혔기때문이다.

Fe_3O_4은 Fe_2O_3과 FeO의 혼합산화물의 식이다. 따라서 $Fe_2O_3 \cdot FeO$로 쓰기도 한다. 흔히 철제품을 짙은 NaOH용액에 잠그고(촉진제로서 $NaNO_2$, KCl과 같은것을 넣는다.) 100℃이상으로 몇min동안 열주면 Fe_3O_4이 철겉면에 입혀진다.

② 금속은 산과 반응한다.

? 어떤 금속이 산과 반응하여 수소기체를 내보내는가를 말하여라.

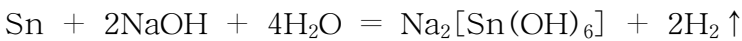
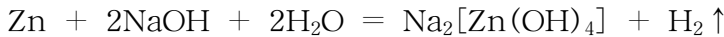
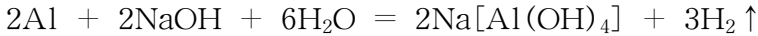
센 산화제인 질산과 질은 류산은 수소보다 활성이 작은 금속 Cu, Ag, Hg와도 반응한다. 이때 수소가 아니라 질은 류산인 경우에는 SO_2이 생기며 질산인 경우에는 질소의 화합물(NO_2, NO, N_2O, NH_4NO_3 등)이 생긴다.

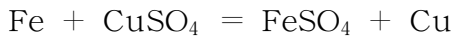
③ 대부분의 금속들은 염기와 반응하지 않으나 일부 금속들(Al, Zn, Sn, Pb)은 알카리와 반응하여 수소를 내보낸다.

$$2Al + 2NaOH + 6H_2O = 2Na[Al(OH)_4] + 3H_2\uparrow$$

$$Zn + 2NaOH + 2H_2O = Na_2[Zn(OH)_4] + H_2\uparrow$$

$$Sn + 2NaOH + 4H_2O = Na_2[Sn(OH)_6] + 2H_2\uparrow$$

헥사히드록소석(Ⅳ)산나트리움

④ 활성차례에서 앞에 놓인 금속은 뒤에 놓인 금속의 염용액과 치환반응하여 금속이온을 환원시킨다.

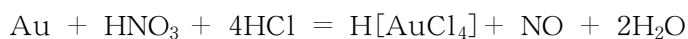
$$Fe + CuSO_4 = FeSO_4 + Cu$$

금속은 이외에도 많은 물질들과 반응한다.

금속의 활성차례와 금속의 화학성질 표 3-18

<table>
<tr><th>활성차례 / 반응물질</th><th>K, Ca, Na</th><th>Mg</th><th>Al</th><th>Zn</th><th>Fe</th><th>Ni</th><th>Sn, Pb</th><th>(H_2), Cu, Hg</th><th>Ag</th><th>Pt, Au</th></tr>
<tr><td>마른 공기와의 반응</td><td>보통온도에서 쉽게 산화</td><td colspan="2">가열에 의하여 산화</td><td colspan="5">세게 가열하여야 산화된다.</td><td colspan="2">산화되지 않는다.</td></tr>
<tr><td>물과의 반응</td><td>보통온도에서 반응하여 수소기체를 발생</td><td colspan="4">고온에서 수증기와 반응하여 수소기체를 발생</td><td colspan="5">반응하지 않는다.</td></tr>
<tr><td>산과의 반응</td><td colspan="7">묽은 산과 반응하여 수소기체를 발생</td><td colspan="2">질산, 뜨거운 질은 류산과 반응한다.</td><td>왕수와 반응한다.</td></tr>
<tr><td>염기와의 반응</td><td colspan="2">반응하지 않는다.</td><td colspan="2">알카리와 반응</td><td colspan="2">반응하지 않는다.</td><td>알카리와 반응</td><td colspan="3">반응하지 않는다.</td></tr>
</table>

※ 왕수는 질산과 염산을 1:4(물질량비)로 섞은 용액이다. 왕수는 금, 백금과도 반응한다.

$$Au + HNO_3 + 4HCl = H[AuCl_4] + NO + 2H_2O$$

문 제

1. 금속인 나트리움덩어리를 쌀알만 하게 잘라서 페놀프탈레인을 넣은 물이 담겨있는 비커에 떨구어넣었다.

이때 일어나는 변화들가운데서 물리변화는 2가지 ____과 ____이며 화학변화도 2가지 ____과 ____이다. 이런 물리변화가 나타나는것은 나트리움이 물보다 _____가 ____이며 녹음점이 ____때문이다.

이때 화학변화를 나타낸 화학방정식은 ____이며 이온방정식은 ____이다.

밑줄 그은 부분에 해당한 내용을 써넣어라.

2. 집적소자(IC소자)의 전기접점, 전기배선은 금이나 은으로 하거나 금도금 또는 은도금한다. 그 리유는 무엇인가?

3. Na, Al, Zn, Cu, Ag, Au가운데서 다음과 같은 변화를 일으키는 금속을 고르고 화학방정식으로 쓰라.

ㄱ) 공기속에서 열을 주어야 산화되는 금속

ㄴ) 공기속에서 보통온도에서도 쉽게 산화되는 금속

ㄷ) 보통온도에서 물과 쉽게 반응하는 금속

ㄹ) 산과 반응하여 수소기체를 내는 금속

ㅁ) 묽은 산과 반응하지 않는 금속

ㅂ) 염기와 반응하는 금속

4. 같은 질량의 마그네시움을 다음과 같은 조건에서 완전연소시켰다.

1) 순수한 산소기체속에서　　2) 공기속에서

3) 탄산가스속에서　　4) 질소기체속에서

이때 얻어진 고체의 질량을 각각 m_1, m_2, m_3, m_4이라고 할 때 그 값들사이의 관계를 정확히 나타낸것은 (　)이다. 옳은 답을 선택하여라.

ㄱ) $m_1 > m_2 > m_3 > m_4$　　ㄴ) $m_1 = m_2 = m_3 = m_4$

ㄷ) $m_3 > m_2 > m_1 > m_4$　　ㄹ) $m_3 > m_1 > m_2 > m_4$

※ Mg은 탄산가스와 반응하여 MgO와 C, 질소기체와 반응하여 Mg_3N_2을 만든다.

5. 금속의 성질에 대한 아래의 설명에서 정확한것을 ○, 틀린것을 ×로 표시하여라.

ㄱ) 모든 금속은 보통조건에서 고체이며 금속광택을 가진다.

ㄴ) 금속에서 연성이 제일 좋은것은 금이다.

ㄷ) 금속은 환원제적성질을 가진다.

ㄹ) 금속에는 금강석의 녹음점보다 높은것이 없다.

ㅁ) 금속은 열전도성과 전기전도성이 좋으며 전기전도성이 제일 좋은것은 동이다.

제7절. 합금과 순금속

빨리 발전하는 우리 나라 인민경제는 여러가지 특이한 성질을 가진 금속재료들을 요구한다. 합금강의 종류를 늘여 강종을 더욱 다양하게 하며 순금속과 희유금속재료를 원만히 생산보장하여야 나라의 국방력을 강화하고 경제강국건설을 더욱 다그쳐나갈수 있다.

합금

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《우리 나라에는 합금원소들이 많으며 합금강생산을 발전시키는데 유리한 조건이 있습니다. 합금강은 기술혁명을 위하여 절실하게 요구됩니다.》

흔히 쓰는 금속재료들은 거의 다 합금이다.

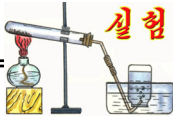
실례로 강철은 순수한 철이 아니고 거기에는 2%이하의 탄소가 들어있으며 흔히 놋이라고 하는 황동은 동과 아연을 섞은 금속재료이다.

한 금속에 다른 금속(또는 비금속)을 섞어 만든 금속재료를 **합금**이라고 부른다.

그림 3-15. 합금의 리용

ⓘ 알고있는 합금의 실례를 들어보아라.

합금은 그것을 만들려고 하는 금속들을 일정한 비률로 섞어서 녹인 다음 굳혀서 만든다. 례를 들어 연과 석을 2:1이 되게 섞은 다음 녹였다 굳히면 합금인 땜납이 얻어진다.

합금은 어떤 성질을 가지는가.

합금의 굳기와 녹음점

① 연판, 석판, 땜납을 책상우에 놓고 손칼끝으로 금을 그어본다. 어느것이 잘 그어지지 않는가?

이로부터 무엇을 알수 있는가?

② 철판우에 연, 석, 땜납쪼각을 올려놓고 그가운데부터 열준다. 어느것이 제일 먼저 녹는가?

이로부터 무엇을 알수 있는가?

합금은 일반적으로 성분금속들보다 더 굳으며 녹음점은 낮다.(그림 3-16) 합금의 성질은 들어있는 원소의 종류와 섞어있는 비률에 따라 달라진다.

그림 3-16. 합금은 성분금속들보다 녹음점이 낮다.

합금은 거기에 들어있는 바탕금속이 무엇인가에 따라 크게 철합금(흑색금속합금)과 비철합금(유색금속합금)으로 나눈다.

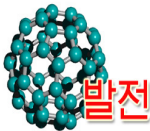
철합금은 철을 바탕금속으로 하는 합금을 말한다.

탄소가 1.5%아래인 철합금을 강철이라고 하며 그 화학조성에 따라 탄소강과 합금강으로 나눈다. 합금강은 강철의 성질을 좋게 하기 위하여 탄소강에 Cr, Ni, W, Mo, Ti과 같은 여러가지 합금원소들을 넣은 철합금이다. 일명 특수강이라고 한다.

비철합금은 철이 아닌 다른 금속들의 합금을 말하는데 이것을 유색금속합금이라고 한다.

주요합금의 조성과 성질, 그 리용은 다음과 같다.(그림 3-17)

합 금 이 름	황 동	청 동	양 은	불 수 강
주성분(부성분)	Cu(Zn)	Cu(Sn)	Cu(Zn, Ni)	Fe(Cr, Ni, C)
		굳고 아름답다.	녹쓸지 않는다. 가공이 쉽다.	녹쓸지 않는다. 굳다.
리 용	가정용기구, 장식용품	동상, 예술작품, 기계제품	금관악기	부엌용품
합 금 이 름	듀 랄 루 민	네오딤자석	니 크 롬	땜 납
주성분(부성분)	Al(Cu, Mg, Mn)	Fe, Nd, B	Ni(Cr)	Pb(Sn)
성 질	가볍고 단단하고 질기다.	자력성이 세다. 기계가공성이 좋다.	전기저항이 크다.	녹음점이 낮다. (181℃)
리 용	비행기동체, 자동차부속	MRI(핵자기공명 진단장치)	전 열 선	금속접착

그림 3-17. 주요합금의 조성과 성질, 그 리용

형태기억합금과 무정형금속재료

형태기억합금. 니켈과 티탄을 1:1의 원자개수비로 되게 합금한것은 보통온도에서 구부렸다가 놓으면 펴지지만 그것을 뜨거운 물에 잠그면 구부러졌던 모양이 되살아난다. 이 합금은 형태를《기억》하고있는셈이다. 구부러졌던 합금을 식히면 다시 처음대로 펴진다. 이러한 형태기억합금은 온실의 창문이 온도에 따라 자동적으로 열리고 닫게 할수 있으며 인공지구위성의 안테나, 빛전지판의 설치 등에 쓸모가 많다.

무정형금속재료. 녹은 금속을 갑자기 식히면 금속결정이 미처 생기지 못하고 원자들이 제멋대로 배렬된 무정형금속으로 된다. Fe, Co, Ni 같은 금속에 다른 원소들이 섞인 합금이 무정형금속재료로 쓰인다. 이것은 결정으로 된 금속재료에 비해 굳고 질기며 잘 부식되지 않고 자석으로 되는것과 같은 좋은 성질을 가진다.

우리 선조들의 합금생산기술

우리 나라에서는 신석기시대말에 동을 발견하였으며 B.C. 3500년전부터 청동제품들을 널리 사용하였다. 청동제품으로는 청동단검(비파형단검), 청동활촉, 청동도끼, 청동거울, 청동단추 등 그 종류가 다양하였으며 청동합금기술과 주조기술이 세계에서 가장 높은 수준에 있었다.

당시 청동제품의 합금성분비률

성분% / 종류	Cu	Pb	Sn	Zn	Fe
비파형단검	72.43	6.84	13.52		
청동활촉	66.39	11.62	9.93		
청동거울	42.19	5.56	26.70	7.36	1.05

771년에 만든 봉덕사종(에밀레종)은 높이가 3.33m, 아구리직경이 2.47m, 두께가 26cm이며 황동 약 72t(71t 618kg)을 부어만든것으로서 오늘날 남아있는 종가운데서 세계적으로 가장 오래고 큰것이다. 또한 754년에 만든 황룡사종은 봉덕사종보다 4배이상 크며 그 질량이 288t이나 되였다. 우리 나라에서는 1234년에 세계에서 처음으로 금속활자를 발명하고 사용하였다. 이 금속활자는 기본성분이 동과 석이고 여기에 약간의 철, 연, 아연과 망간이 매우 적은 량 들어있는 합금이다. 이것은 우리 나라에서 금속활자를 도이췰란드의 구텐베르그가 발명(1450년)한것보다 휠씬 앞서 사용하였다는것을 말하여준다.

비파형단검

봉덕사종

순금속

공업에서 쓰이는 금속에는 보통 0.1~0.01%의 다른 물질(혼입물)이 섞여있다.

첨단기술분야와 현대적인 과학실험기구들에는 혼입물이 거의 없는 금속이 요구된다. 례를 들어 전자공업에 쓰이는 동선이나 알루미니움선은 혼입물이 10^{-4}~10^{-5}% 보다 적어야 한다. 그것은 금속이 순수할수록 그 금속의 고유한 특성이 잘 나타나기 때문이다.

혼입물이 10^{-2}%이하 들어있는 금속을 **순금속**이라고 부른다. 즉 순도가 99.99% 이상인 금속을 말한다.

금속은 순도에 따라 표 3-19과 같이 나눈다. 순금속, 고순도금속, 초고순도금속을 통털어 순금속이라고도 한다.

금속의 순도　　　　　　표 3-19

분류	혼입물(ppm)
공업용금속	10 000~100
순금속	100~10
고순도금속	10~0.1
초고순도금속	0.1~0.000 1

순금속의 순도는 백만분률(ppm) 또는 십억분률(ppb)로 나타낸다.

1ppm이라는것은 주어진 물질전체를 100만몫으로 보았을 때 혼입물이 1몫(질량으로)을 차지한다는것이다. 1ppb라는것은 주어진 물질전체를 10억몫으로 보았을 때 혼입물이 1몫(질량으로)을 차지한다는것이다.

ⓘ 1ppm과 1ppb를 %로 표시하면 그 값은 각각 얼마인가?

금속은 순도가 높을수록 무르고 전기전도성과 내부식성이 좋고 가공하기가 쉽다.

순금속은 전자공업, 자동화공업, 원자력공업에 널리 리용되며 특히 국방공업에서 중요하게 쓰인다. 순금속은 이미 만든 금속을 정제하는 방법으로 만든다.

참 고 순금속만들기의 몇가지 방법

열분해법. 정제하려는 물질을 높지 않은 온도에서 증발하거나 승화하는 화합물로 만들고 그것을 다시 높은 온도에서 분해시키는 방법이다.

띠녹임법. 금속의 결정에 섞여있던 물질이 녹은 금속에 풀려들게 하는 방법이다.

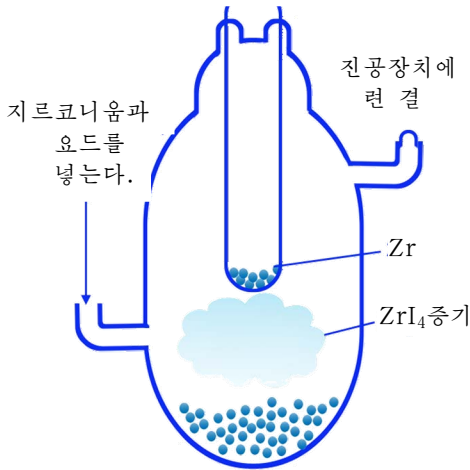
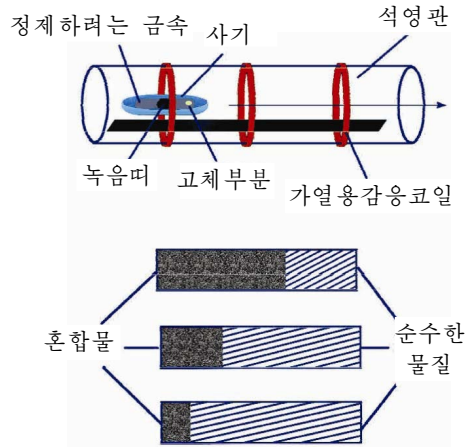



그림 3-18. 열분해법 그림 3-19. 띠녹임법

※ 금속의 순도를 나타내는 단위인 ppm, ppb는 일반적으로 어떤 대상에 들어있는 물질의 량이 대단히 작을 때 그 량(농도)을 표시하는데도 쓰인다.

례: 피속에 들어있는 철의 함량을 표시할 때

물질의 순도를 표시하는데는 9라는 수자가 몇개 있는가에 따라 표시하는 방법도 있다. 가령 어떤 물질의 순도가 99.999%라면 5나인(five nine)이라고 한다.

희유금속

철, 동, 알루미니움과 같은 금속원소들은 자연계에 많을뿐아니라 한데 모여 광맥을 이루고있으며 광석으로부터 만들어내기도 한다.

그러나 많은 금속원소들은 자연계에 매우 적게 있다.

게르마니움 Ge, 갈리움 Ga와 같은 금속원소들은 지각에 들어있는 량은 많지만 몹시 흩어져있다. 또 티탄 Ti와 같은 금속원소들은 지각에 많지만(10번째로 많다.) 광석으로부터 금속을 만들기가 힘들다.

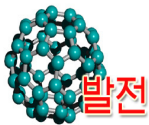
지각에 적게 들어있거나 몹시 흩어져있어서 만들기 힘든 금속을 **희유금속**이라고 한다.

금속들가운데서 절반이상을 차지하는 60가지정도가 희유금속이다.

희유금속은 특수한 성질을 가진 합금강을 만드는데 쓰인다.

희유금속의 분류

희유금속
- **가벼운 희유금속**: Li, Rb, Cs, Be
  가볍고 활성이 크다.
- **녹기 어려운 희유금속**: Ti, Zr, V, Nb, Ta, Mo, W
  굳고 녹기 어렵고 안정하다.
- **분산희유금속**: Ga, In, Ge, Se, Te
  자연계에 몹시 흩어져있다.
- **희토류금속**: Sc, Y, 란타노이드
  성질이 비슷하고 가르기 힘들다.
- **방사성희유금속**: Fr, Ra, Ac
  방사성이 있다.

※ 희토류금속들은 금속상태로도 쓰이지만 산화물형태로 많이 쓰인다. 전자공업에서 형광체, 자성재료, 초전도재료, 레이자발진재료로 쓰이며 비료에 섞어주면 농작물의 수확고를 훨씬 높일수 있다.
산화네오딤 Nd_2O_3은 적외선밤안경(야시경)제조에 리용된다.

나노금속의 특이한 성질

립자의 크기가 0.1~100nm인 나노금속은 일반금속과는 다른 일련의 특성을 가진다. 우선 전기저항이 달라진다. 실례로 나노은의 저항은 절연체와 거의 비슷한 큰 값을 가지며 나노동은 전기를 통과시키지 않는다. 또한 나노금속은 녹음점도 일반금속과는 다르다. 실례로 동과 은의 녹음점은 각각 1 063℃, 960℃이지만 립자의 직경을 2nm까지 작게 하면 그 녹음점이 각각 300℃, 100℃로 된다.

문 제

1. 듀랄루민은 약 300℃에서 열주면 세기가 약해지지만 티탄합금은 650℃에서도 아무 변화가 없다. 이 성질로부터 티탄합금을 어디에 쓸수 있겠는가?

2. 아래의 금속들가운데서 두가지로 이루어진 합금이 12g 있다. 이것을 염산과 충분히 반응시켰을 때 5.6L의 수소기체(표준조건)가 생겼다. 이로부터 합금에 반드시 들어있는 성분금속은 (　　)이라고 볼수 있다.

ㄱ) Na　ㄴ) Mg　ㄷ) Al　ㄹ) Zn

3. 다음 문장들에서 틀린 문장을 찾고 바로 고쳐라.

ㄱ) 불순물(혼입물)이 10^{-2}% 들어있는 금속을 순금속이라고 한다.

ㄴ) 강철에 다른 합금원소(Ti, W, Ni 등)를 넣어 만든 합금을 유색금속합금이라고 한다.

ㄷ) 합금은 일반적으로 화학약품에 대한 견딜성이 크며 잘 부식되지 않는다.

ㄹ) 순금속은 일반적으로 전기전도도가 높고 가공하기가 쉽다.

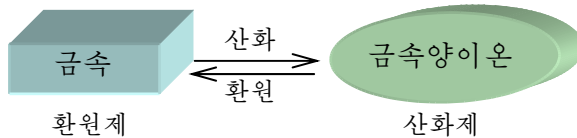
4. C_{60}을 만드는데 쓰이는 흑연재료는 흔히 순도가 10^{-6}%인것을 쓴다. 이것은 몇ppm이며 흑연 1g에 혼입물이 몇g 들어있는셈인가?

(답. 0.01ppm, 10^{-8}g)

장 종 합

1. 금속의 분류와 성질

ㄴ) 성질

① 금속은 환원제적성질을 가진다.

금속의 활성차례는 곧 환원제의 세기차례이다.

② Al, Zn, Sn, Pb원소의 단순물, 산화물, 수산화물은 산과도 반응하고 염기와도 반응한다.

2. 과도원소의 단순물과 화합물의 일반성질

① 단순물은 모두 금속으로서의 성질을 가진다.

② 합금을 잘 만든다.

③ 원소가 여러가지 산화수를 가지므로 화합물이 여러가지이다.

④ 파도금속이온과 화합물은 거의 모두 색을 띤다.

⑤ 촉매로 작용하는것이 많다.

⑥ 착체를 쉽게 만든다.

3. 몇가지 금속이온의 반응

전형금속이온인 경우

시약		Al^{3+}	Zn^{2+}	Ca^{2+}	Pb^{2+}
암모니아수	적은 량	$Al(OH)_3\downarrow$ 흰색	$Zn(OH)_2\downarrow$ 흰색	변화없음	$Pb(OH)_2\downarrow$ 흰색
	과잉량	변화없음	$[Zn(NH_3)_4]^{2+}$ 용해 무색	변화없음	변화없음
NaOH 용액	적은 량	$Al(OH)_3\downarrow$ 흰색	$Zn(OH)_2\downarrow$ 흰색	$Ca(OH)_2\downarrow$ 흰색	$Pb(OH)_2\downarrow$ 흰색
	과잉량	$[Al(OH)_4]^-$ 용해 무색	$[Zn(OH)_4]^{2-}$ 용해 무색	변화없음	$[Pb(OH)_4]^{2-}$ 용해 무색

과도금속이온인 경우

시약		Ag^+	Cu^{2+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}
암모니아수	적은 량	$Ag_2O\downarrow$ 밤색	$Cu(OH)_2\downarrow$ 연푸른색	$Fe(OH)_2\downarrow$ 연풀색	$Fe(OH)_3\downarrow$ 붉은밤색
	과잉량	$[Ag(NH_3)_2]^+$ 용해 무색	$[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ 용해 남색	변화없음	변화없음
NaOH 용액	적은 량	$Ag_2O\downarrow$ 밤색	$Cu(OH)_2\downarrow$ 연푸른색	우와 같음	우와 같음
	과잉량	변화없음	변화없음		

4. 합금의 일반성질

① 성분금속보다 더 굳고 질기다.

② 성분금속보다 녹음점이 낮다.

③ 성분금속보다 전기전도도가 작다.

④ 전성, 연성이 약하다.

⑤ 화학약품에 대한 견딜성이 크다.

복습문제

1. 금속의 활성차례를 놓고 다음 물음에 대답하여라.

① 흑색금속과 유색금속, 경금속과 중금속은 어느것인가?

② 보통온도에서 공기중의 산소에 의하여 쉽게 산화되는 금속은 어느것인가?

③ 열을 주어야 공기중의 산소와 반응하는 금속은 어느것인가?

④ 보통온도에서 물과 쉽게 반응하는 금속은 어느것인가?

⑤ 열을 주어야 물과 반응하는 금속은 어느것인가?

⑥ 산과 쉽게 반응하는 금속은 어느것인가?

⑦ 산, 염기와 다 반응하는 금속은 어느것인가?

2. 두 비커 《가》와 《나》에 각각 100mL의 3mol/L 염산용액과 수산화나트리움용액이 들어있다. 두 비커에 각각 같은 질량의 Al가루를 넣고 반응이 끝난 후 얻어진 기체의 체적을 측정하였더니 그 값이 $V_{가}:V_{나}=1:2$였다.

넣은 Al가루의 질량은 아래의 값들가운데서 어느것인가?

ㄱ) 2.7g ㄴ) 3.6g ㄷ) 5.4g ㄹ) 1.8g

3. $KMnO_4$ 0.02mol을 류산산성으로 한 물에 용해시켜 용액 100mL를 만들고 그것을 뷰레트에 넣은 다음 삼각플라스크에 들어있는 0.125mol/L의 아류산나트리움용액 10mL에 방울방울 떨구면서 흔들어주었다.

① 적정에 리용된 과망간산칼리움용액은 몇mL인가? (답. 2.5mL)

② 실험과정의 변화를 이온방정식으로 나타내여라.

③ 반응과정에 용액의 색은 어떻게 변하는가?

4. 빈자리에 알맞는 내용을 써넣어라.

과망간산칼리움용액과 브롬화수소산과의 반응의 화학방정식은 다음과 같다.

$$2KMnO_4 + 16HBr = 5Br_2 + 2MnBr_2 + 2KBr + 8H_2O$$

이 반응에서 환원제는 ____이고 0.1mol의 산화제에 의하여 산화된 환원제의 물질량은 ____이다.

5. 칼리움이온이 0.01mol 들어있는 황혈염과 적혈염용액이 따로따로 있다.

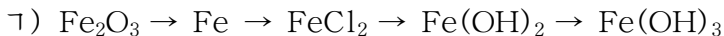
① 매 용액에 다른 이온이 몇mol 들어있는셈인가?

② 매 용액에 들어있는 착이온의 이름과 전하수를 밝혀라.

6. 다음의 변화과정을 화학방정식으로 나타내고 산화환원반응을 고르라.

ㄱ) $Fe_2O_3 \rightarrow Fe \rightarrow FeCl_2 \rightarrow Fe(OH)_2 \rightarrow Fe(OH)_3$

ㄴ) $Zn \rightarrow ZnO \rightarrow ZnCl_2 \rightarrow Zn(OH)_2 \rightarrow ZnO$

(ZnO → $Na_2[Zn(OH)_4]$ ← $Zn(OH)_2$)

7. 어떤 고순도동에는 혼입물이 10^{-5}% 들어있다. 아래의 물음에 대답하여라.

① 혼입물이 몇ppm 들어있는셈인가?

② 이 고순도동 1t에 들어있는 혼입물은 몇g인가? (답. 0.1g)

③ 금속의 순도가 높으면 왜 좋은가?

8. 다음의 착화합물에 대하여 물음에 대답하여라.

ㄱ) 염화테트라암민디클로로코발트(Ⅲ)

ㄴ) 헥사시아노철(Ⅱ)산칼리움

ㄷ) 수산화테트라암민아연(Ⅱ)

ㄹ) 트리암민트리클로로코발트(Ⅲ)

ㅁ) 테트라클로로백금(Ⅱ)산

ㅂ) 헥사시아노철(Ⅲ)산칼리움

① 매 물질의 화학식을 쓰라.

② 해리방정식을 쓰고 착핵과 착체(착이온)의 전하수를 밝혀라.

③ 착핵의 배위수는 얼마인가?

9. 철과 동의 혼합물에 일정한 량의 묽은 HNO_3을 넣고 충분히 반응시킨 후 금속이 m_1g 남았다. 다시 일정한 량의 묽은 H_2SO_4을 넣고 충분히 반응시켰을 때 m_2g의 금속이 남았다. m_1와 m_2사이의 관계를 정확히 표현한것은 아래 문장들가운데서 어느것인가? 그 리유는 무엇인가?

ㄱ) m_1은 m_2과 같을수 있다.

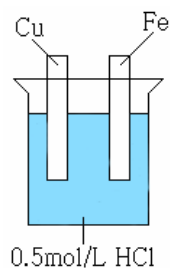
ㄴ) m_1은 m_2보다 클수 있다.

ㄷ) m_1은 m_2과 무조건 같다.

ㄹ) m_1은 m_2보다 반드시 크다.

10. 어떤 금속 5g을 4mol/L H_2SO_4용액 100mL에 넣었다. 류산용액의 농도가 처음용액의 1/2로 되였을 때(용액의 체적은 변하지 않는다고 본다.) 이 금속은 아직 완전히 용해되지 않았다. 이 금속은 아래의 금속들가운데서 어느것에 해당하는가?

ㄱ) Al　　ㄴ) Zn　　ㄷ) Fe　　ㄹ) Mg

11. 그림과 같이 동판과 철판을 0.5mol/L HCl용액에 잠그고 두 금속판을 접촉시키지 않고 오랜 시간동안 놓아둔 후 동판을 꺼내여 세척하고 건조하여 질량을 재여보니 원래보다 ____. 또한 잠긴 철판걸면은 원래와 다른 ____색을 띠였다. 이 과정에 일어나는 화학변화는 4가지이다. 빈칸에 해당한 내용을 써놓고 이 반응들의 이온방정식을 쓰고 현상의 원인을 설명하여라.

12. 어떤 용액속에 Fe^{2+}, I^-, Cl^- 가 함께 있다. I^-을 산화시켜 없애면서도 Fe^{2+}와 Cl^-을 산화시키지 않는 시약은 아래의 물질들가운데서 (　)이다.

ㄱ) Cl_2　ㄴ) $KMnO_4$　ㄷ) $FeCl_3$　ㄹ) HCl

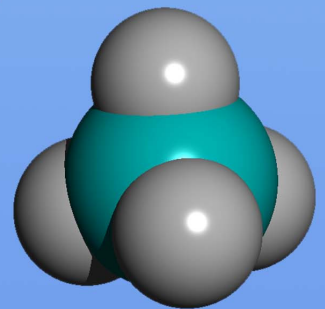
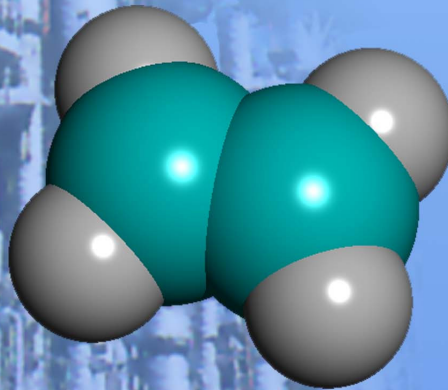
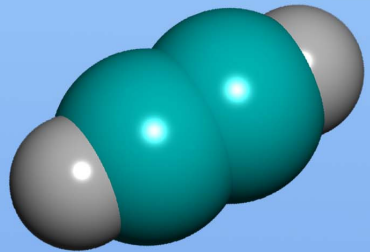
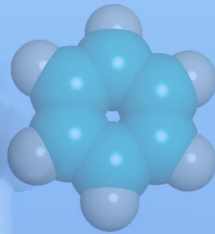
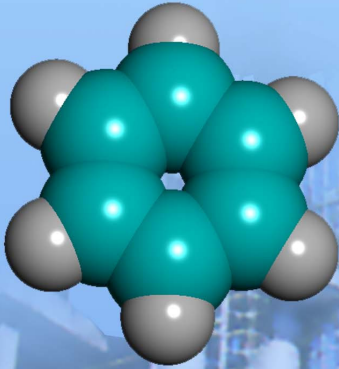
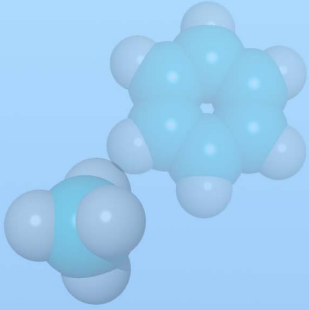
아래의 산화환원반응들을 참고하여라.

① $2FeCl_3 + 2KI = 2KCl + 2FeCl_2 + I_2$

② $2Fe + 3Cl_2 = 2FeCl_3$

③ $2KMnO_4 + 16HCl = 2KCl + 2MnCl_2 + 5Cl_2 + 8H_2O$

탄화수소

메탄, 알칸
에틸렌, 알켄
아세틸렌
부타디엔
벤졸, 방향족탄화수소
석탄건류, 원유가공

제4장. 탄화수소

가정에서 밥을 지을 때 쓰는 석유나 가정용가스, 자동차, 뜨락또르의 연료로 쓰는 휘발유와 디젤유는 어떤 물질인가.

그것은 탄소원소와 수소원소만으로 이루어진 탄화수소이다.

옷이나 신발, 비옷, 물감, 의약품을 비롯하여 우리 생활에서 없어서는 안될 여러가지 제품들은 탄화수소로부터 만들어진다.

탄화수소와 탄화수소의 유도체를 통털어서 유기화합물(또는 유기물질)이라고 부른다.

제1절. 메탄, 알칸

메탄 CH_4

늪이나 물웅뎅이에서 이따금씩 기체방울이 떠오르는것을 볼수 있다. 이것은 늪밑에서 식물이 썩을 때 생겨난 메탄가스이다.

메탄은 천연가스, 늪의 가스, 갱가스의 기본성분으로 들어있다.

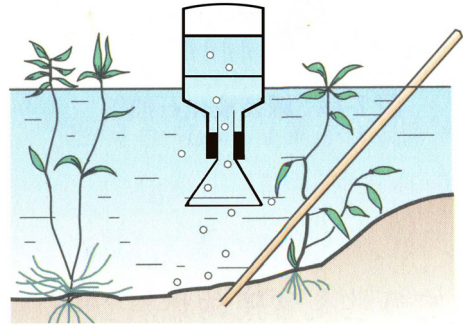



그림 4-1. 메탄포집

메탄의 존재

천연가스- 주성분이 메탄이며 그밖에 다른 탄화수소들도 들어있다.

늪의 가스- 늪바닥이나 썩은 물웅뎅이에서 나오는 가스이다.

갱가스- 석탄이 천천히 분해될 때 메탄이 생겨난다. 즉 탄갱안에 존재하는 가스라는 의미에서 쓰는 말이다.

메탄은 색과 냄새가 없고 공기보다 가벼우며(밀도 0.717g/L) 물에 잘 용해되지 않는 기체이다.

? 물리성질을 리용하여 늪에서 메탄가스를 어떻게 병에 포집할수 있는가?

구조. 메탄의 분자식은 CH_4이다.

탄소원자의 최외전자층(L층)에 있는 4개 전자는 제가끔 수소원자와 C-H 공유결합을 이룬다.

메탄의 구조는 다음과 같이 나타낼수 있다.

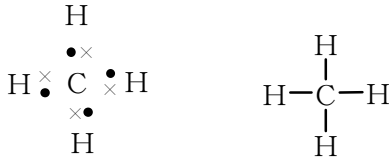
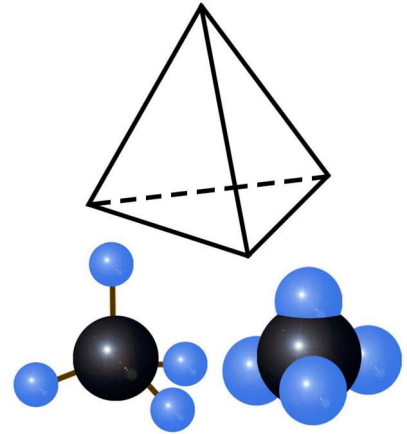



그림 4-2. 메탄분자의 구조모형

메탄분자는 바른4면체구조를 이룬다. 바른4면체의 중심에 탄소원자가 놓이고 수소원자들은 네 정점들에 하나씩 놓인다.

따라서 4개의 C-H 결합길이와 결합에네르기는 다 같다.

? 탄소원자의 전자배치는 $1s^22s^22p^2$이다. 이 상태에서 수소원자와 결합하면 메탄과 같은 구조를 가질수 있는가?

메탄분자에서 탄소의 원자가는 4가이다.

메탄에서 탄소원자는 sp^3혼성상태에서 수소원자와 결합한다.

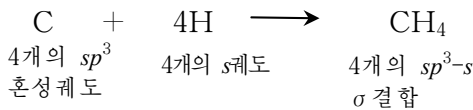
참 고 CH_4분자

C-H 결합길이 0.109㎚

C-H 결합에네르기 414.4kJ/㏖

∠HCH 109° 28′

? sp^3혼성화는 어떻게 이루어지는가?

C	+	4H	⟶	CH_4
4개의 sp^3 혼성궤도		4개의 s궤도		4개의 sp^3-s σ결합

메탄분자에서 C-H사이결합은 다 σ결합이다.

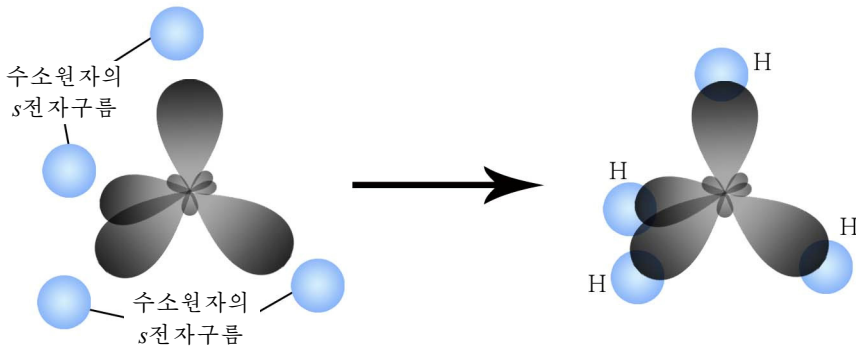
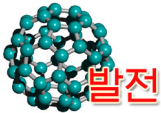



그림 4-3. 메탄분자의 이루어짐

? σ결합이란 무엇인가? 왜 C-H사이결합이 σ결합으로 되는가?

메탄분자에서 C-H사이의 결합은 거의 극성을 띠지 않는다. 메탄분자는 바른4면체구조를 가지고있으므로 무극성이다.

이처럼 메탄은 전기음성도가 비슷한 탄소와 수소사이에 든든한 σ결합을 하고있으므로 반응성이 매우 약하다.

유기화합물의 결합과 구조

유기화합물에서 탄소의 원자가는 언제나 4가이며 이웃탄소 또는 다른 원자들과 공유결합을 이룬다. 이것은 유기화합물의 구조특징이다.

탄소원자들은 서로 공유결합으로 열린사슬 혹은 고리사슬을 이룬다.

이때 탄소원자들사이에는 단결합만이 아니라 2중결합이나 3중결합도 이룰수 있다.

탄소사슬모양	
열린사슬	−C−C−C−C− (−C−)
고리사슬	(C 6개로 된 고리)

탄소-탄소사이 결합의 종류		
포화결합	단결합	−C−C−C−
불포화결합	2중결합	>C=C<
	3중결합	−C≡C−

성질. 메탄은 보통상태에서 매우 안정하다. 그러므로 센산(H_2SO_4), 센염기(NaOH)와 반응하지 않으며 과망간산칼리움과 같은 센 산화제에 의해서도 산화되지 않는다.

그러나 일정한 조건을 지어주면 화학반응을 일으킬수 있다.

치환반응. 방온도에서 메탄은 염소와 반응하지 않으나 빛을 쪼여주면 반응한다.

그림 4-4와 같이 메탄과 염소의 혼합기체에 빛을 쪼이면 염소의 누런풀색이 없어지고 물기둥이 올라간다. 시험관벽에는 누런색의 기름방울이 생긴다.

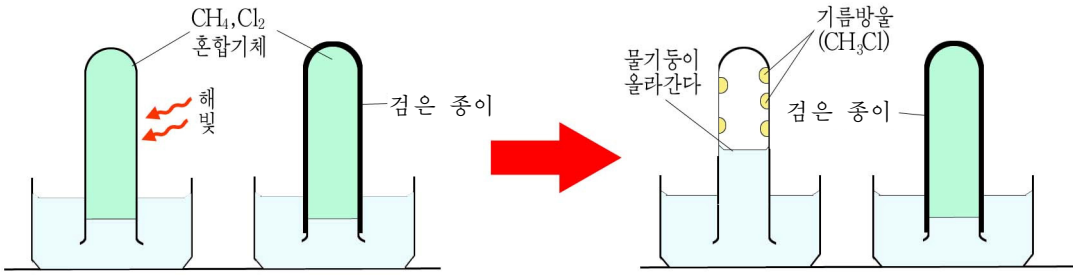



그림 4-4. 빛이 작용하는 조건에서 메탄과 염소의 반응

이 현상을 화학반응식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\mathrm{H{:}\overset{H}{\underset{H}{\ddot{\underset{\cdot\cdot}{C}}}}{:}H + Cl{:}Cl \xrightarrow{빛} H{-}\overset{H}{\underset{H}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}{-}Cl + H{-}Cl}$$

간단히 $CH_4 + Cl_2 \longrightarrow CH_3Cl + HCl$
메탄 염화메틸

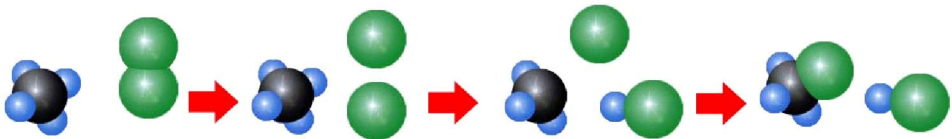
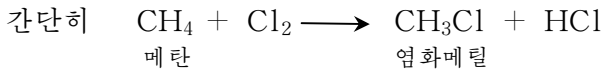
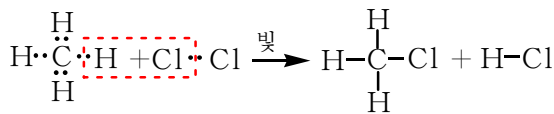



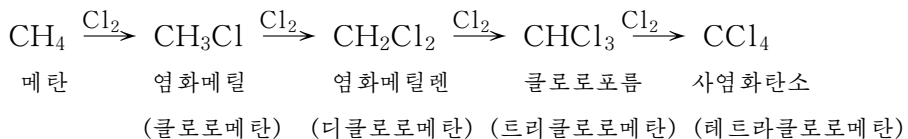
그림 4-5. 메탄의 수소원자 하나가 염소원자로 치환된다.

※ 메틸—메탄에서 수소원자 하나가 떨어진 나머지 원자단 즉 CH_3- 의 이름이다.

Ⓟ 치환반응이란 무엇인가? 그림 4-4의 실험에서 물기둥이 올라가는것은 무엇때문인가?

메탄의 치환반응에서는 메탄분자의 수소원자 하나만 갈리우는것이 아니라 4개까지 차례차례 갈리울수 있다.

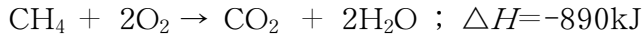
$$CH_4 \xrightarrow{Cl_2} CH_3Cl \xrightarrow{Cl_2} CH_2Cl_2 \xrightarrow{Cl_2} CHCl_3 \xrightarrow{Cl_2} CCl_4$$

메탄 염화메틸 염화메틸렌 클로로포름 사염화탄소
(클로로메탄) (디클로로메탄) (트리클로로메탄) (테트라클로로메탄)

메탄의 염소화합물들은 모두 물에 용해되지 않는다. 클로로포름과 사염화탄소는 유기물질을 용해시키는 좋은 용매로 쓰이며 사염화탄소는 불을 끄는데 리용된다.

메탄은 염소뿐아니라 브롬과도 치환반응을 한다.

Ⓟ 메탄과 브롬이 빛이 있는데서 반응하여 CH_3Br(브롬화메틸)이 생기는 반응을 화학반응식으로 나타내여라.

산화반응. 메탄은 불타기 쉬운 기체연료이다. 공기중에서 불타서 이산화탄소와 물을 만들며 이때 많은 열을 낸다.

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O \;;\; \triangle H = -890\text{kJ}$$

그러므로 메탄은 농촌에서 가정용연료로, 자동차, 뜨락또르의 연료로 리용된다.

공기중에 메탄이 5~15.4%(체적으로)정도 있을 때 불꽃이 닿으면 폭발할수 있다.

탄갱안에서 일어나는 가스폭발은 대다수 메탄가스에 의한것이다. 폭발사고를 막기 위해서는 반드시 통풍시켜야 하며 불꽃을 일으키지 말아야 한다.

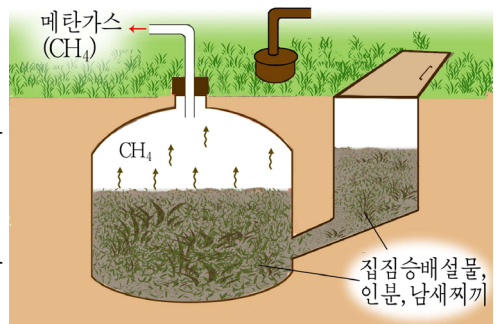
참 고 메탄가스만들기

박테리아는 적당한 온도에서 유기물질을 분해시켜 메탄을 만든다.

이것을 리용하여 협동농장이나 가정들에서 쉽게 메탄가스를 만들어 쓸수 있다.

메탄을 만드는 원료로는 집짐승배설물, 벼짚, 밀짚, 풀, 나무잎, 식당과 가정에서 나오는 뜨물, 식료공장페설물, 남새찌끼를 쓸수 있다.

이 원료를 벽돌이나 콩크리트로 만든 발효탕크에 넣고 물을 부은 다음 밀폐한다.

이때 물질들이 분해되여 메탄가스가 생긴다. 메탄은 밀페된 탕크에서 발생되기때문에 남은 찌끼는 질좋은 비료로 된다. 왜냐하면 페설물에 들어있던 단백질이 분해되여 생긴 암모니아가 발효탕크의 물속에 용해되기때문이다. 발효탕크에서 생기는 메탄가스를 저장탕크에 저장하였다가 필요한 때에 가정용연료로 쓸수 있다.

알칸

메탄동족렬. 탄화수소가운데는 메탄과 구조가 비슷한것들이 아주 많다.

ⓘ 아래의 몇가지 탄화수소의 구조식과 그림 4-6에 나타낸 분자모형을 보고 구조에서 특징적인것이 무엇인지 찾아보아라.

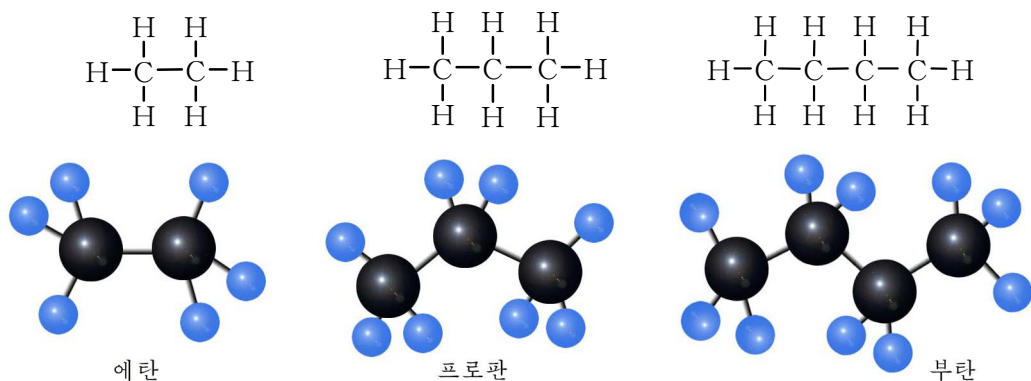



그림 4-6. 몇가지 탄화수소의 분자모형

이 탄화수소분자에서 탄소원자들사이에는 오직 단결합만이 있으며 나머지 원자가전자는 수소원자들과 결합한다. 그러므로 탄소의 원자가는 모두 포화되여있다.

탄소원자들사이에 단결합만으로 이루어진 열린사슬탄화수소를 **알칸**이라고 부른다.

메탄이나 에탄, 프로판, 부탄은 다 알칸이다.

알칸의 화학식은 여러가지 방법으로 쓸수 있다.(표 4-1)

알칸의 화학식 　　　　표 4-1

화학식	에탄	프로판	부탄
분자식	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}
점전자식	H H H:C:C:H H H	H H H H:C:C:C:H H H H	H H H H H:C:C:C:C:H H H H H
구조식	H H H−C−C−H H H	H H H H−C−C−C−H H H H	H H H H H−C−C−C−C−H H H H H
시성식	CH_3-CH_3	$CH_3-CH_2-CH_3$	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$
	CH_3CH_3	$CH_3CH_2CH_3$	$CH_3CH_2CH_2CH_3$

알칸은 메탄으로부터 시작하여 탄소원자수가 하나씩 늘어남에 따라 CH_2만큼씩 규칙적으로 늘어난다.

알칸의 일반식; 　C_nH_{2n+2}

물질을 나타내는 식

분자식－물질의 조성을 원자의 종류와 개수로 나타낸 화학식

례: H_2O, CH_4

구조식－원자들사이의 공유결합 한개를 짧은 선으로 나타낸 화학식

시성식－원자나 원자단의 결합차례를 부분적으로 나타낸 화학식

구조와 화학성질이 비슷하며 분자조성을 하나의 일반식으로 쓸수 있는 화합물들의 무리를 **동족렬**이라고 하며 여기에 속하는 하나하나의 물질들을 **동족체**라고 부른다.

C_nH_{2n+2}의 일반식을 가지는 탄화수소들의 무리는 메탄동족렬이며 여기에 속한 메탄, 에탄, 프로판, 부탄과 같은 물질들은 메탄동족체들이다.

? 표 4-2와 그림 4-7을 보고 알칸의 물리성질변화의 규칙성을 찾고 이것을 반데르왈스힘으로 설명하여라.

몇가지 알칸의 물리성질 표 4-2

이름	분자식	보통조건에서 모임상태	녹음점/℃	끓음점/℃	밀도/g·cm^{-3}
메탄	CH_4	기체	-182.5	-161.5	—
에탄	C_2H_6	기체	-183.3	-88.6	—
프로판	C_3H_8	기체	-187.7	-42.1	—
부탄	C_4H_{10}	기체	-138.4	-0.5	—
펜탄	C_5H_{12}	액체	-130	36.1	0.626
헥산	C_6H_{14}	액체	-95	68.7	0.659
헵탄	C_7H_{16}	액체	-91	98.4	0.684
옥탄	C_8H_{18}	액체	-57	125.7	0.703
노난	C_9H_{20}	액체	-54	150.8	0.718
데칸	$C_{10}H_{22}$	액체	-30	174.1	0.730
헥사데칸	$C_{16}H_{34}$	액체	20.0	287.5	0.775
헵타데칸	$C_{17}H_{36}$	고체	22.0	303	0.777

그림 4-7. 알칸의 녹음점과 끓음점변화

Ⓘ 알칸은 물에 용해되지 않는다. 왜 그런가? 액체알칸은 물우에 뜨겠는가 가라앉겠는가?

메탄동족렬에서 첫 네개 동족체의 이름은 각각 메탄, 에탄, 프로판, 부탄이라고 부르며 탄소가 5개인 동족체부터는 그리스수사에 받침 《ㄴ》을 붙여 부른다.(습관이름)

그리스수사 표 4-3

아라비아수자	그리스수사	아라비아수자	그리스수사
1	모노	11	운데카
2	디	12	도데카
3	트리	13	트리데카
4	테트라	14	테트라데카
5	펜타	15	펜타데카
6	헥사	16	헥사데카
7	헵타	17	헵타데카
8	옥타	18	옥타데카
9	노나	19	노나데카
10	데카	20	에이코자

알칸에서 수소원자 하나가 떨어진 원자단을 알킬기라고 부른다.

알킬기; $C_nH_{2n+1}-$ 간단히 R-

몇가지 알킬기의 이름 표 4-4

알칸(RH)		알킬기(R-)	
화학식	이름	화학식	이름
CH_4	메탄	CH_3-	메틸
CH_3-CH_3	에탄	CH_3CH_2-	에틸
$CH_3-CH_2-CH_3$	프로판	$CH_3CH_2CH_2-$	프로필

구조. 에탄분자에서 매 탄소원자는 sp^3혼성상태에서 4개의 이웃원자와 결합하고있다.

C-C결합은 두 탄소원자의 sp^3혼성전자구름이 겹쳐져 이루어진 σ결합이다. C-H결합은 탄소원자의 sp^3혼성전자구름과 수소원자의 s전자구름이 겹쳐져 이루어진 σ결합이다.(그림 4-8)

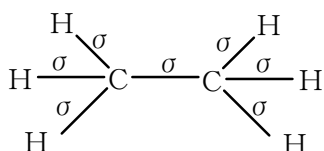



그림 4-8. 에탄분자에서 σ결합의 형성

결합각은 메탄에서와 비슷하다.

알칸분자에서 C-C, C-H결합은 모두 σ결합이다. 모든 탄소원자는 sp^3혼성상태에서 이웃원자들과 공유결합을 이룬다.

탄소수가 3개이상인 알칸분자의 탄소사슬은 구불구불한 모양을 가진다.

ⓘ 그림 4-9에 나타낸 분자모형들은 서로 같은 물질의 모형인가 다른 물질의 모형인가? 왜 그런가?

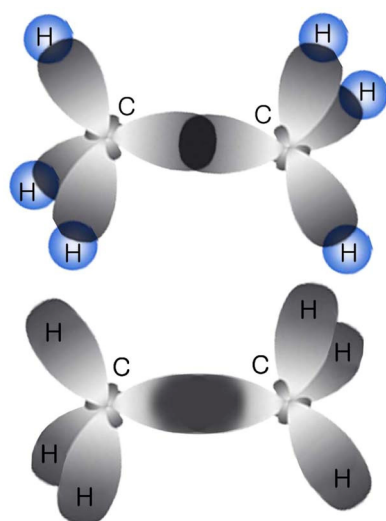
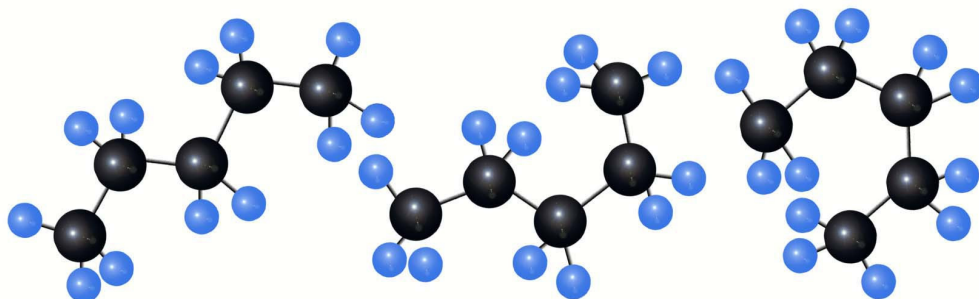



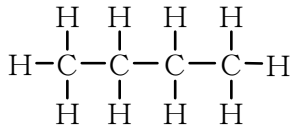
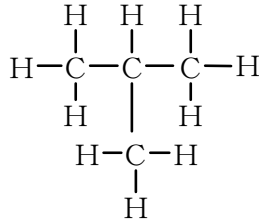
그림 4-9. C-C를 축으로 하는 돌기와 분자모형

C-C σ결합은 결합축에 대하여 대칭이므로 한 탄소를 중심으로 다른 탄소원자를 돌릴수 있다.

이때 탄소사슬의 공간모양이 여러가지로 될수 있다.

ⓘ 메탄과 마찬가지로 메탄동족체들도 극성을 띠지 않는다. 왜 그런가?

이성현상. 메탄, 에탄, 프로판의 구조는 각각 하나씩밖에 없지만 부탄은 두가지 구조를 가질수 있다.(그림 4-10)

```
   H   H   H   H            H   H   H
   |   |   |   |            |   |   |
H－C－C－C－C－H        H－C－C－C－H
   |   |   |   |            |   |   |
   H   H   H   H            H   |   H
                              H－C－H
                                 |
                                 H
    부탄(Ⅰ)                  부탄(Ⅱ)
```

여기서 곧은 사슬로 된 부탄(Ⅰ)을 **노르말부탄**, 가지사슬로 된 부탄(Ⅱ)을 **이소부탄**이라고 부른다.

노르말부탄과 이소부탄은 다같이 C_4H_{10}의 분자식을 가지지만 끓음점을 비롯한 몇가지 성질은 좀 다르다.(그림 4-11)

그러므로 노르말부탄(n-부탄)과 이소부탄(i-부탄)은 서로 다른 물질이다.

그림 4-10. 노르말부탄과 이소부탄의 공간모형

그림 4-11. 부탄의 두 이성체

분자식은 같으나 구조가 다르며 따라서 성질이 다른 화합물을 서로 **이성체**라고 하며 이성체가 나타나는 현상을 **이성현상**이라고 부른다.

n-부탄과 i-부탄은 서로 이성체이다.

알칸에서 탄소원자수가 증가함에 따라 이성체의 수도 증가한다.

알칸의 이성현상은 탄소사슬의 구조가 다르기때문에 나타나는 **사슬이성현상**이다.

례 1: 다음 구조를 가진 알칸의 이름을 부르라.

$$CH_3-CH(CH_3)-CH_2-C(CH_3)_2-CH_2-CH_3$$

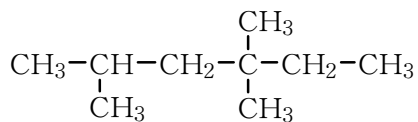
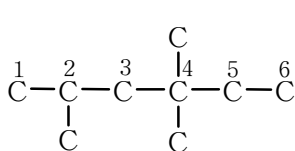
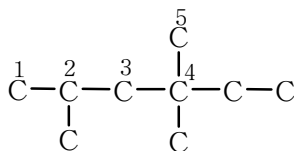
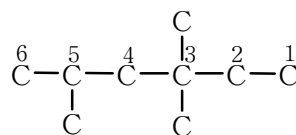
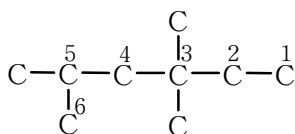
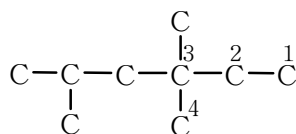
풀이. ① 가장 긴 탄소사슬을 찾고 번호를 붙인다.

ㄱ) $\overset{1}{C}-\overset{2}{C}(C)-\overset{3}{C}-\overset{4}{C}(C)(C)-\overset{5}{C}-\overset{6}{C}$

ㄴ) $\overset{1}{C}-\overset{2}{C}(C)-\overset{3}{C}-\overset{4}{C}(\overset{5}{C})(C)-C-C$

ㄷ) $\overset{6}{C}-\overset{5}{C}(C)-\overset{4}{C}-\overset{3}{C}(C)(C)-\overset{2}{C}-\overset{1}{C}$

ㄹ) $C-\overset{5}{C}(\overset{6}{C})-\overset{4}{C}-\overset{3}{C}(C)(C)-\overset{2}{C}-\overset{1}{C}$

ㅁ) $C-C(C)-C-\overset{3}{C}(C)(\overset{4}{C})-\overset{2}{C}-\overset{1}{C}$

가장 긴 탄소사슬에 해당한 ㄱ), ㄷ), ㄹ)가운데서 ㄷ)와 ㄹ)는 같다.

여기서 결가지가 있는 탄소원자가 될수록 작은 번호를 가지도록 한다.

그러므로 ㄱ)와 ㄷ)(ㄹ)에서 ㄱ)를 택한다.

즉 탄소수가 6개인 곧은사슬알칸이다.

② 탄소수가 6개인 곧은사슬알칸의 이름은 헥산이다.

③ 헥산의 2번, 4번 탄소원자에 각각 메틸기들이 있다.

  2-메틸, 4-메틸, 4-메틸

④ 이름을 다음과 같이 써준다.

  2,4,4-트리메틸헥산

이름의 의미: 헥산의 두번째 탄소, 네번째 탄소에 메틸기가 3개 결합되여있다.

유기화합물의 일반이름 쓰는 방법

결가지(치환기)나 2중결합(또는 3중결합)의 위치는 아라비아수자로 쓴다.

결가지(치환기)의 개수는 그리스수사로 쓴다.

아라비아수자들사이는 반점으로, 아라비아수자와 우리 글사이는 짧은 선으로 구분한다.

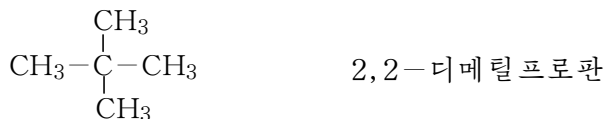
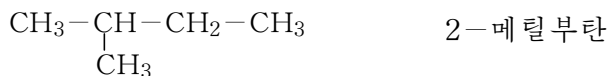
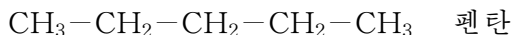
례: 2,2-디메틸-3-에틸헥산

례 2: 펜탄 C_5H_{12}에는 몇개의 이성체가 있는가? 구조식을 쓰고 일반이름으로 불러보아라.

풀이. 탄소사슬이 서로 다른 이성체가 3개 있다.

$$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3 \quad \text{펜탄}$$

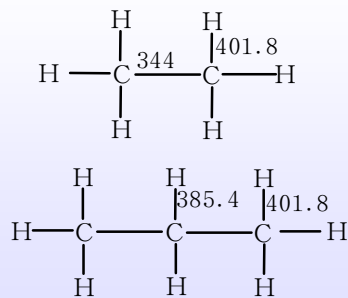
$$\begin{array}{l} CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}H-CH_2-CH_3 \end{array} \quad \text{2-메틸부탄}$$

$$CH_3-\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}}}-CH_3 \quad \text{2,2-디메틸프로판}$$

화학성질

알칸분자에서 C-C사이, C-H사이의 결합은 다 든든한 σ결합이다.

그러므로 메탄과 비슷하게 반응성은 매우 약하다.

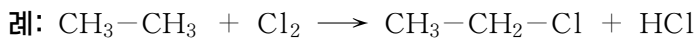
Ⓘ 활성이 큰 나트리움은 어디에 보관하는가? 실험실의 시약병에 시약이름을 쓴 종이를 붙이고 무엇을 발랐는가?

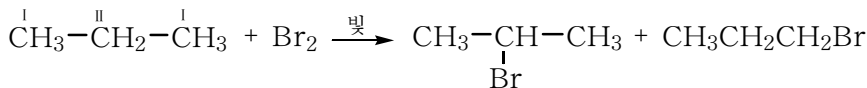
그러나 빛을 쪼이거나 높은 온도(300℃ 이상)로 열을 주는 경우에는 반응을 일으킨다.

알칸의 안정성

3개의 시험관에 석유 또는 휘발유를 1mL씩 넣고 거기에 각각 류산, 가성소다, 과망간산칼리움용액 2mL씩 넣는다.

매 시험관에서 어떤 현상이 일어나는가?

치환반응. 메탄과 마찬가지로 알칸은 할로겐(Cl_2, Br_2)과 반응하여 할로겐화합물을 만든다.

례: $CH_3-CH_3 + Cl_2 \longrightarrow \underset{\text{염화에틸}}{CH_3-CH_2-Cl} + HCl$

알칸의 치환반응은 급수가 높은 탄소원자에서 더 잘 일어난다.

$$\overset{\text{I}}{C}H_3-\overset{\text{II}}{C}H_2-\overset{\text{I}}{C}H_3 + Br_2 \xrightarrow{\text{빛}} \underset{\substack{\text{2-브로모프로판} \\ 97\%}}{CH_3-\underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{C}}H-CH_3} + \underset{\substack{\text{1-브로모프로판} \\ 3\%}}{CH_3CH_2CH_2Br}$$

치환반응에 의하여 알칸으로부터 여러가지 유기화합물을 얻을수 있다.

참 고 탄소원자의 급수

탄소원자의 결합상태는 꼭같지 않다.

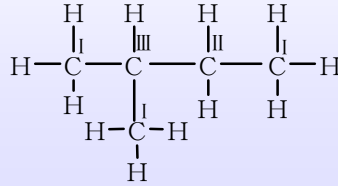
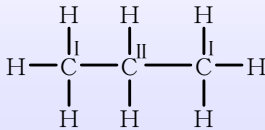
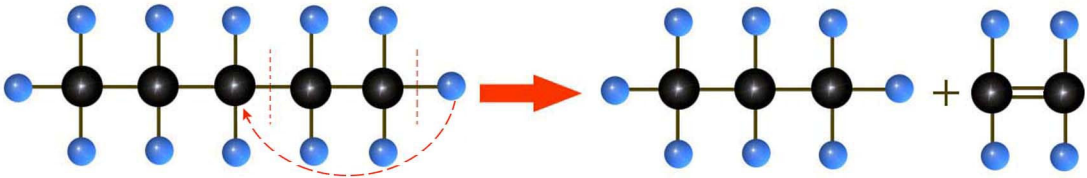
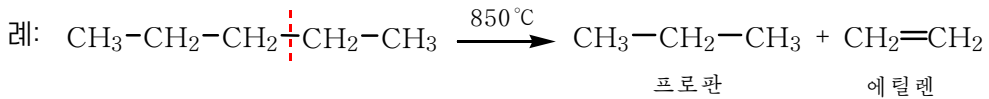
탄소원자의 결합상태는 매 탄소원자와 직접 결합된 탄소원자의 개수에 따라 1급, 2급, 3급, 4급 탄소원자로 가른다.(탄소원자의 급수는 로마수자로 나타낸다.)

열분해. 알칸을 공기가 없는데서 높은 온도로 열을 주면 탄소사슬이 끊어지면서 분자량이 보다 작은 물질들로 분해된다.

그림 4-12. 알칸의 열분해

례: $CH_3-CH_2-CH_2 \vdots CH_2-CH_3 \xrightarrow{850^\circ C} CH_3-CH_2-CH_3 + CH_2=CH_2$

프로판　　　　에틸렌

알칸의 열분해는 원유를 가공하여 여러가지 유기합성원료와 연료를 만드는데서 중요하게 리용된다.

산화. 공기속에서 알칸은 모두 불타며 완전히 탈 때 CO_2과 H_2O로 된다. 이때 많은 열을 낸다.

? 프로판은 가정용연료가스의 기본성분이다. 프로판이 불타는 반응의 화학반응식을 쓰라.

알칸의 용도를 그림 4-13에 주었다.

그림 4-13. 알칸의 용도

문 제

1. 빈자리에 알맞는 말을 써넣어라.

1) 유기화합물가운데는 탄소원자들사이의 공유결합이 단결합인것도 있고 ____과 ____도 있으며 탄소고리를 이룬것도 있다.

2) 메탄의 분자식은 ____, 점전자식은 ____, 구조식은 _____이다.

3) 메탄과 염소의 반응은 _____반응에 속하며 반응에서 메탄분자의 _____원자는 염소원자에 의해 ______.

4) 알칸의 일반식은 _____이며 구조에서 특징은 탄소원자와 탄소원자사이의 결합이 다 ____인것이다.

5) 일반적으로 물질의 모임상태는 녹음점과 끓음점을 보고 판단할수 있다. 알칸에서 C_1-C_4까지는 끓음점이 방온도보다 낮으므로 ____이며 C_5-C_{16}까지는 이 방온도보다 낮고 ____이 방온도보다 높으므로 액체이다. 그리고 C_{17}이상은 ____이 방온도보다 높으므로 고체이다.

6) 메탄이 물에 잘 용해되지 않는것은 메탄분자가 ____분자이기때문이다.

7) 메탄의 염소화합물 즉 CH_3Cl, CH_2Cl_2, $CHCl_3$, CCl_4가운데서 무극성분자에 속하는것은 _____이다.

2. 선택하여라.

1) 아래의 내용에서 정확한것은 ( )이다.

① 탄화수소는 분자안에 탄소, 수소원자를 가지고있는 화합물이다.

② 탄화수소는 분자안에 탄소원자를 가지고있는 화합물이다.

③ 탄화수소는 탄소와 수소 2가지 원소로만 이루어진 화합물이다.

④ 알칸은 연소후 CO_2과 H_2O로 되는 유기물질이다.

⑤ 염소와 치환반응을 하는 물질은 알칸이다.

⑥ 프로판은 염소, 브롬과 같은 할로겐과 반응한다.

2) 다음 조건에서 화학반응을 일으킬수 없는것은 ( )이다.

① 메탄과 염소의 혼합물에 빛을 직접 쪼여준다.

② 메탄기체를 과망간산칼리움의 산성용액에 통과시킨다.

③ 헥산은 850℃이상의 열을 받으면 분자량이 작은 물질들로 분해된다.

④ 메탄과 산소의 혼합물에 불꽃이 닿으면 연소된다.

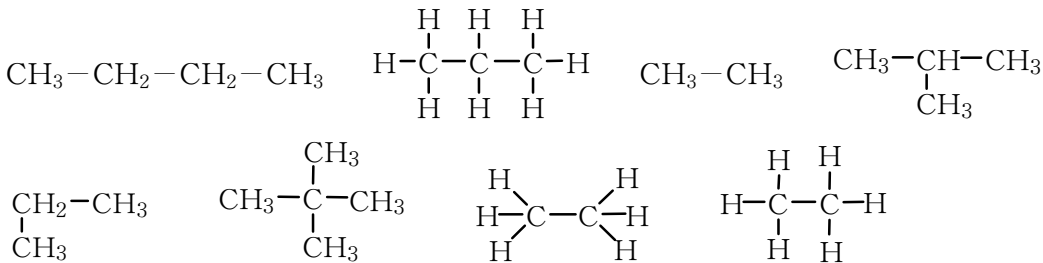
3. 동소체와 동족체, 이성체는 어떻게 다른가? 례를 들어 설명하여라.

4. 다음의 탄화수소들가운데서 어느것이 메탄동족체인가?

C_2H_4, C_3H_8, C_6H_6, C_8H_{18}, C_2H_2, $C_{12}H_{24}$

5. 다음의 구조식을 가진 물질들의 이름을 부르고 같은 물질과 이성체를 갈라내여라.

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$ $\quad$ $H-\overset{H}{\underset{H}{C}}-\overset{H}{\underset{H}{C}}-\overset{H}{\underset{H}{C}}-H$ $\quad$ CH_3-CH_3 $\quad$ $CH_3-\underset{CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_3$

$\underset{CH_3}{\underset{|}{CH_2}}-CH_3$ $\quad$ $CH_3-\overset{CH_3}{\overset{|}{\underset{CH_3}{\underset{|}{C}}}}-CH_3$ $\quad$ $H{-}C(H)(H){-}C(H)(H){-}H$ $\quad$ $H-\overset{H}{\underset{H}{C}}-\overset{H}{\underset{H}{C}}-H$

6. C_5H_{12}, C_6H_{14}의 분자식을 가진 알칸의 모든 이성체들의 구조식을 쓰고 일반이름으로 불러라.

7. 련관이 있는 내용들을 선으로 련결하여라.

부탄과 2-메틸프로판	같은 물질
금강석과 흑연	동위체
헵탄과 헥사데칸	동소체
클로로포름과 트리클로로메탄	동족체
2,2-디메틸프로판과 2-메틸부탄	이성체

8. 11.2L(표준조건)의 메탄이 연소할 때 생기는 이산화탄소와 물의 질량은 각각 얼마이겠는가? (답. 22g, 18g)

9. 5L의 메탄이 불탈 때 120℃, 120kPa에서 몇L의 기체가 생기겠는가? (답. 18L)

10. 표준조건에서 메탄 2mol과 에탄 10L의 혼합기체를 완전히 연소시키는데 공기(산소 20% 포함)가 몇L 필요한가? (답. 623L)

11. 기체상태의 어떤 알칸이 있다. 이 탄화수소 8.8g을 연소시켜 이산화탄소 26.4g을 얻었다. 이 탄화수소의 분자식을 구하여라.

12. 일정한 량의 메탄을 연소시키면 CO_2, CO, H_2O이 얻어진다. 얻어진 생성물의 총질량은 49.6g이다. 생성물을 염화칼시움관으로 통과시킬 때 이 관의 질량은 25.2g 증가하였다. 처음 메탄의 질량과 메탄연소과정에 생성된 CO_2과 CO의 질량은 몇g인가? (답. CH_4 11.2g, CO_2+CO 24.4g)

13. 프로판과 부탄의 혼합물 11.2L(표준조건)를 태울 때 생긴 CO_2을 가성소다용액에 통과시킨 결과 Na_2CO_3 95.4g과 $NaHCO_3$ 84g이 얻어졌다.

① 혼합물을 태울 때 CO_2이 몇mol 생기는가?

② 처음혼합물의 조성을 체적%로 구하여라.

③ 체적으로 산소를 20% 포함하고있는 공기(27℃, 0.2MPa)가 몇L 필요한가?

(답. 1.9mol, C_3H_8 20%, C_4H_{10} 80%, 190.8L)

제2절. 에틸렌, 알켄

에틸렌 C_2H_4

에틸렌은 색과 냄새가 없으며 물에 잘 용해되지 않는 기체이다.

에틸렌은 공업적으로 원유(알칸)를 열분해하여 만든다.

례: $\underset{\text{헥산}}{C_6H_{14}} \xrightarrow{850℃} \underset{\text{에틸렌}}{C_2H_4} + \underset{\text{부탄}}{C_4H_{10}}$

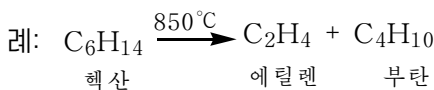
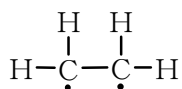



그림 4-14. 실험실에서 에틸렌만들기

실험실에서는 에틸알콜에 질은 류산을 넣고 160~170℃이상으로 열을 주어 만든다.(그림 4-14)

구조. 에틸렌의 분자식은 C_2H_4이다. 에탄보다 수소원자 2개가 적다.

```
  H   H
  |   |
H-C---C-H
  •   •
```

탄소원자가 4가라는것을 생각하면 탄소원자들사이에 2중결합이 있다는것을 알수 있다.(그림 4-15)

$$\begin{matrix} H \diagdown & & \diagup H \\ & C=C & \\ H \diagup & & \diagdown H \end{matrix} \quad 간단히 \quad CH_2=CH_2$$

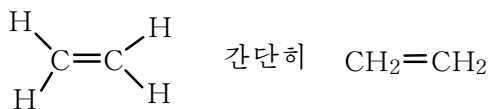



그림 4-15. 에틸렌의 분자모형

에틸렌분자는 평면구조를 가진다. 결합들사이의 각 (∠HCH, ∠HCC)은 모두 120° 이다.

에탄은 공간구조를 가지는데 에틸렌은 왜 평면구조를 가지는가.

에틸렌분자의 매 탄소원자는 sp^2혼성상태에서 3개의 이웃원자들과 σ결합을 이룬다.(그림 4-16)

매 탄소원자에는 sp^2혼성궤도외에 혼성화되지 않은 하나의 p궤도가 있다. 이것은 σ결합이 이루어지는 평면에 수직으로 놓여있다.

두 탄소원자가 σ결합을 이룰 때 p궤도들은 서로 옆으로 겹쳐진다.(그림 4-17)

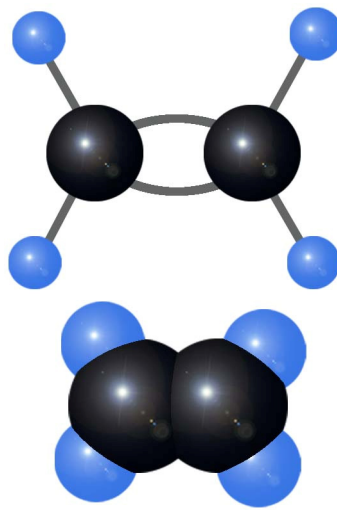
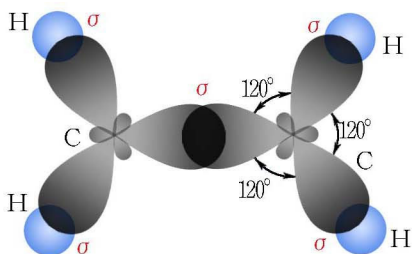



그림 4-16. 에틸렌분자에서 σ결합이 이루어지는 모양

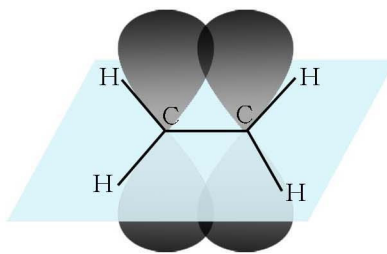
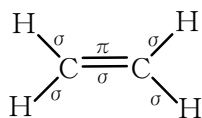



그림 4-17. 에틸렌분자에서 π결합이 이루어지는 모양

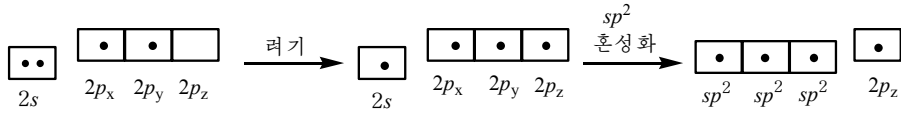
ⓘ 그림 4-17을 보고 π결합이란 무엇인가를 말해보아라.

결국 에틸렌분자에서 탄소-탄소사이의 2중결합은 하나의 σ결합과 하나의 π결합으로 이루어져있다.

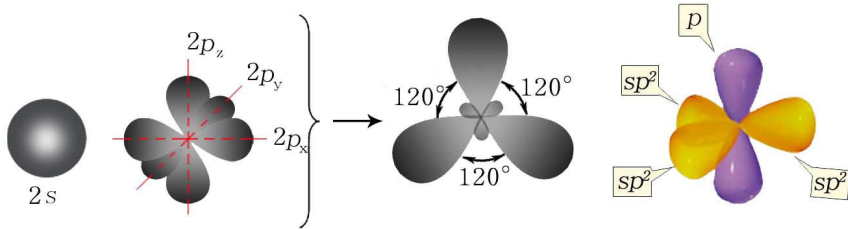
$$\begin{matrix} H \overset{\sigma}{\diagdown} & & \overset{\sigma}{\diagup} H \\ & C \overset{\pi}{\underset{\sigma}{=}} C & \\ H \underset{\sigma}{\diagup} & & \underset{\sigma}{\diagdown} H \end{matrix}$$

※ 에틸렌분자에서 수소원자 하나가 떨어진 나머지 탄화수소기를 비닐(기)라고 부른다.
CH_2=CH- 비닐기

참고 탄소원자의 sp^2혼성화

탄소원자의 전자배치

[⦁⦁] 2s　[⦁|⦁|] $2p_x$ $2p_y$ $2p_z$ —려기→ [⦁] 2s　[⦁|⦁|⦁] $2p_x$ $2p_y$ $2p_z$ —sp^2 혼성화→ [⦁|⦁|⦁] sp^2 sp^2 sp^2　[⦁] $2p_z$

3개의 sp^2혼성궤도는 평면에 120° 의 각으로 펼쳐져있다.

혼성화에 참가하지 않은 $2p_z$궤도는 이 평면에 수직으로 놓여있다. 매 궤도에는 전자가 하나씩 있다.

2s　$2p_z$　$2p_y$　$2p_x$ → 120°　120°　120°　p　sp^2　sp^2　sp^2

? σ결합과 π결합은 어느것이 더 든든한가? 왜 그런가?

참고 에틸렌분자

2중결합의 길이는 단결합길이보다 짧다.

에탄　C−C　0.154nm

에틸렌　C=C　0.134nm

π결합에네르기는 σ결합에네르기보다 작다.

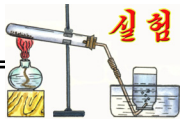
에탄　C−C　344kJ·mol^{-1}

에틸렌 C=C　595.5kJ·mol^{-1}

} 차이 251.5kJ·mol^{-1}

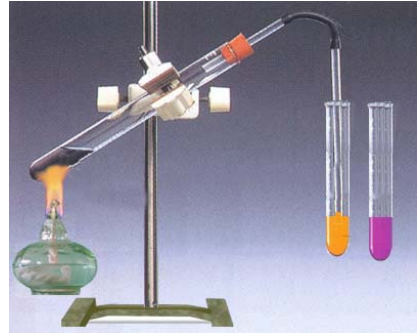
결합축을 중심으로 두 탄소원자가 반대방향으로 돌수 없다.

에틸렌분자에는 약한 π결합이 있으므로 알칸보다 반응성이 크다.

부가반응. 에틸렌은 보통조건에서도 할로겐(Cl_2, Br_2)과 반응한다.

에틸렌의 만들기와 성질

시험관에 에틸알콜 1mL와 짙은 류산 3mL를 넣은 다음 기체유도관을 끼운 고무마개로 막고 170℃이상으로 세게 열을 준다.

나오는 기체를 브롬수와 파망간산칼리움용액에 각각 통과시킨다. 어떤 현상이 나타나는가?

기체유도관끝에 불을 붙여본다.

에틸렌과 브롬과의 반응을 화학반응식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\mathrm{H{-}\underset{H}{\overset{}{C}}{=}\underset{H}{C}{-}H} + \mathrm{Br{-}Br} \longrightarrow \mathrm{H{-}\overset{H}{\underset{Br}{C}}{-}\overset{H}{\underset{Br}{C}}{-}H}$$

간단히

$$\underset{}{CH_2{=}CH_2} + \underset{\text{브롬 (붉은밤색)}}{Br_2} \longrightarrow \underset{\text{디브로모에탄 (무색)}}{\underset{Br}{CH_2}{-}\underset{Br}{CH_2}}$$

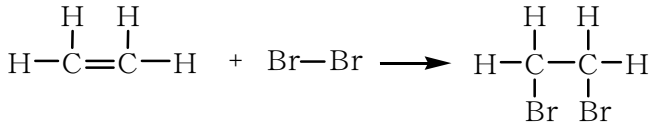
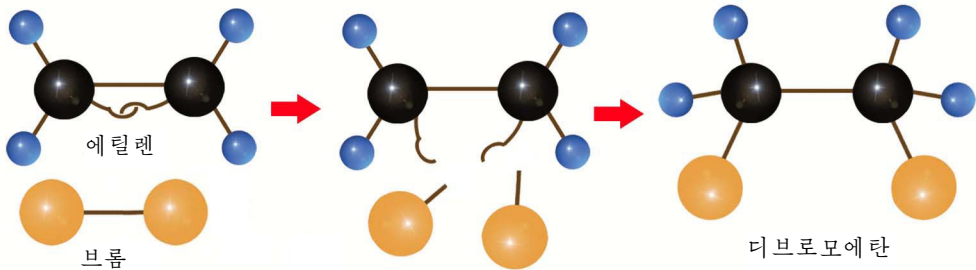
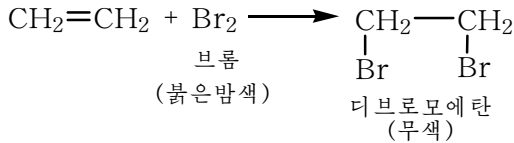



그림 4-18. 에틸렌분자에 브롬이 부가한다.

π결합이 끊어지고 원자나 원자단이 덧붙는 반응을 부가반응이라고 부른다.

생성물분자에는 반응물분자에 있던 π결합이 없어지고 2개의 σ결합이 새로 생겨난다.

이 반응은 색변화가 뚜렷하므로 에틸렌과 같이 π결합을 가진 탄화수소를 알아내는데 리용된다.(그림 4-19)

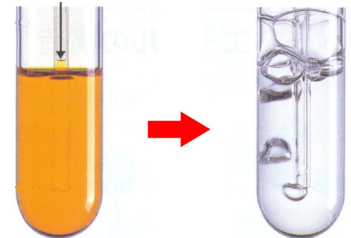



그림 4-19. 에틸렌과 브롬수와의 반응

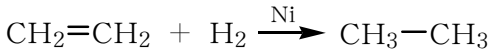
ⓘ 에틸렌에 염소가 부가하는 반응을 화학반응식으로 나타내여라.

디클로로에탄(CH_2ClCH_2Cl)은 화학빨래할 때 용매로 쓰인다.

ⓘ 에틸렌에 할로겐화수소(HCl, HBr, HI)가 부가하면 할로겐화알킬(R-X)이 생긴다. 에틸렌과 브롬화수소와의 반응을 화학반응식으로 나타내여라.

할로겐화알킬은 반응성이 크므로 여러가지 유기물질을 만드는데 리용된다.

에틸렌은 촉매가 있는데서 수소를 부가한다. 이때 에탄이 생긴다.

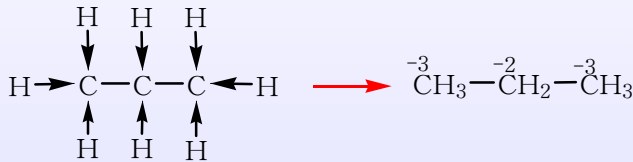
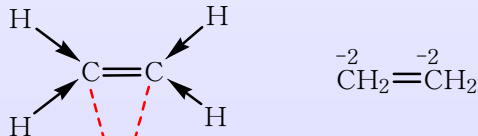
$$CH_2{=}CH_2 + H_2 \xrightarrow{Ni} CH_3{-}CH_3$$

ⓘ 에틸렌에 수소가 부가하는 반응은 산화반응인가 환원반응인가? 산화수변화로 설명하여라.

유기화합물에서 탄소의 산화수고찰법

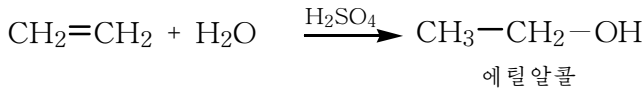
탄소의 산화수는 -4부터 +4의 넓은 범위에서 달라질수 있다. 탄소원소의 산화수는 구조식에서 고찰하여야 한다.

례 1: $CH_3{-}CH_2{-}CH_3$ 에서 탄소원소의 산화수

화합물에서 원소들의 산화수의 총합은 령(0)이다. 탄소원자들사이의 공유전자쌍은 어느 한쪽으로 쏠리지 않는다고 보면 결국 원자단 CH_3, CH_2의 산화수총합이 각각 령이다.

그러므로 탄소원소의 산화수는

례 2: 에틸렌에서 탄소원소의 산화수

산화수합은 각각 령이다.(주고받은 전자수는 같다.)

류산촉매가 있는데서 에틸렌에 물을 부가하면 에틸알콜이 얻어진다.

$$CH_2{=}CH_2 + H_2O \xrightarrow{H_2SO_4} \underset{\text{에틸알콜}}{CH_3{-}CH_2{-}OH}$$

산화반응. 에틸렌은 $KMnO_4$과 같은 산화제에 의하여 산화된다.

$$3\overset{-2}{C}H_2{=}\overset{-2}{C}H_2 + \underset{(\text{분홍색})}{2K\overset{+7}{Mn}O_4} + 4H_2O \longrightarrow \underset{\text{에틸렌글리콜}}{3\overset{-1}{C}H_2(OH){-}\overset{-1}{C}H_2(OH)} + \underset{\text{이산화망간 (검은밤색)}}{2\overset{+4}{Mn}O_2\downarrow} + 2KOH$$

간단히 쓰면

$$CH_2{=}CH_2 \xrightarrow{KMnO_4} CH_2(OH){-}CH_2(OH)$$

이 반응도 에틸렌과 같이 π결합을 가진 탄화수소를 알아내는데 리용된다.(그림 4-20)

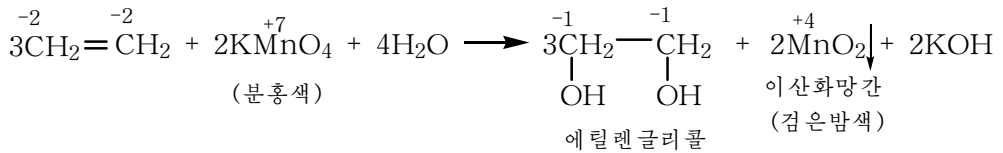
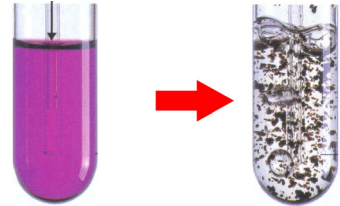
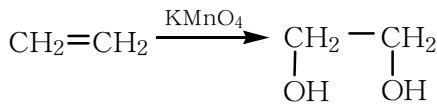



그림 4-20. 에틸렌과 $KMnO_4$과의 반응

알칸과 마찬가지로 에틸렌은 공기속에서 불타며 완전히 탈 때 CO_2과 H_2O로 된다.

이때 많은 열을 낸다.

? 에틸렌의 완전연소반응식을 쓰라.

중합반응. 에틸렌은 높은 압력에서 열을 주거나 알맞는 촉매를 쓰면 π결합이 끊어지면서 서로 덧붙는다. 이때 분자량이 큰 화합물이 생긴다.

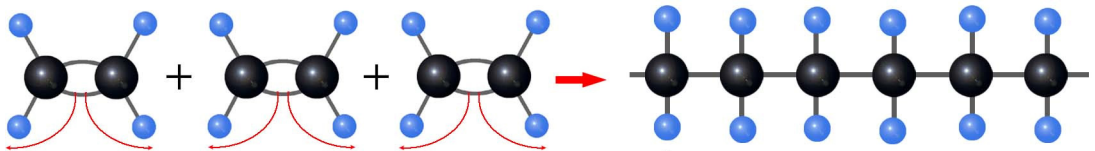
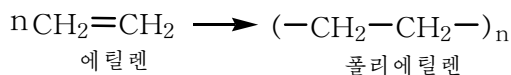



그림 4-21. 에틸렌분자들이 서로 결합하여 하나의 큰 분자로 된다.

같은 분자 여러개가 결합하여 하나의 큰 분자로 되는 반응을 **중합반응**이라고 부른다.

에틸렌의 중합반응을 간단히 나타내면

$$\underset{\text{에틸렌}}{nCH_2{=}CH_2} \longrightarrow \underset{\text{폴리에틸렌}}{({-}CH_2{-}CH_2{-})_n}$$

폴리에틸렌은 합성수지로서 비옷, 박막, 물병을 비롯한 여러가지 수지제품을 만드는데 쓰인다.

※ 《폴리》라는 말은 라틴어로 《많다》는 뜻이다.

※ 에틸렌은 화학공업의 원료인 동시에 성장조절제이다. 공기중에 에틸렌이 0.1% 있을 때 식물의 호흡작용을 촉진시켜 설익은 도마도는 4~5일, 생감은 2~3일만에 익게 할수 있다.

채 익지 않은 과일을 빨리 익히기

집에서 채 익지 않은 과일(사과, 감, 도마도 등)을 빨리 익히려고 할 때 에틸렌이 없으면 어떻게 하겠는가?

익지 않은 과일(례: 선감)과 잘 익은 과일(례: 빨간사과)을 한 비닐주머니에 넣고 꽉 싸맨다. 며칠 지나서 보면 감이 잘 익는다. 이것은 익은 과일에서 에틸렌기체가 나오기때문이다.

알켄

에틸렌과 같이 탄소원자들사이에 2중결합(또는 3중결합)을 이루고있는 탄화수소를 **불포화탄화수소**라고 부른다.

다시말하면 탄소-탄소사이에 π결합을 가지고있는 탄화수소가 불포화탄화수소이다.

에틸렌동족렬. 원유(알칸)를 열분해하면 에틸렌과 같이 분자안에 하나의 2중결합을 가지고있는 불포화탄화수소들이 많이 얻어진다.

이것들을 탄소개수가 많아지는 차례로 놓으면 에틸렌동족렬이 얻어진다.

몇가지 에틸렌동족체들 표 4-5

분자식	구조식	습관이름	일반이름	녹음점/℃	끓음점/℃
C_2H_4	$CH_2=CH_2$	에틸렌	에텐	-169.2	-103.7
C_3H_6	$CH_2=CH-CH_3$	프로필렌	프로펜	-185.3	-47.7
C_4H_8	$CH_2=CH-CH_2-CH_3$	부틸렌	1-부텐	-185.4	-6.3
C_5H_{10}	$CH_2=CH-CH_2-CH_2-CH_3$	펜틸렌	1-펜텐	-165.2	30
C_6H_{12}	$CH_2=CH-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$	헥실렌	1-헥센	-139	63.6
…	…	…	…	…	…

ⓘ 에틸렌동족렬이란 무엇인가를 자기 말로 이야기해보아라.

에틸렌동족렬의 일반식은 C_nH_{2n}이다.

에틸렌동족렬을 일반적으로 알켄이라고 한다.

에틸렌동족체의 이름은 메탄동족체의 습관이름에서 《안》대신에 《일렌》을 붙이거나 일반이름에서 《안》을 《엔》으로 바꾸고 2중결합의 자리를 아라비아수자로 밝혀 부른다.(표 4-5)

알켄의 물리성질은 일반적으로 알칸과 비슷하다.

알켄에서 C_2-C_4까지는 방온도에서 기체, C_5-C_{18}까지는 액체, C_{19}이상은 고체이다. 알켄은 알칸과 비슷하게 무극성이며 분자량이 증가함에 따라 끓음점이 점차 높아진다.

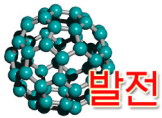
? 알켄의 끓음점은 탄소수가 같은 알칸의 끓음점보다 낮다. 왜 그런가?

구조. 알켄의 분자구조에서 특징적인것은 분자안에 한개의 2중결합이 있는것이다. 나머지 탄소원자들은 단결합으로 결합되여있다.

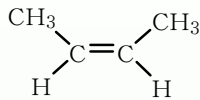
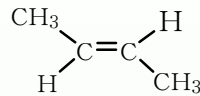
? 알켄에서 탄소-탄소사이 2중결합은 어떻게 이루어졌는가?

이성현상. 알켄에서는 알칸에서처럼 이성현상이 나타난다.

알켄에서는 사슬모양이 다른 사슬이성현상과 함께 2중결합의 위치가 다른 위치이성현상이 나타난다.

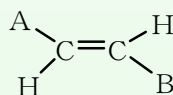
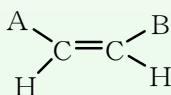
? 위치이성현상이란 무엇인가를 자기 말로 이야기해보아라.

시스 - 트란스이성현상

2-부텐에는 공간배치가 다른 2가지 구조가 가능하다.

$$\begin{matrix} CH_3 & & CH_3 \\ & C=C & \\ H & & H \end{matrix} \qquad \begin{matrix} CH_3 & & H \\ & C=C & \\ H & & CH_3 \end{matrix}$$

시스-2-부텐	트란스-2-부텐
분자식 C_4H_8	분자식 C_4H_8
녹음점 -139℃	녹음점 -106℃
끓음점 4℃	끓음점 1℃

이 두 물질은 2중결합을 축으로 회전할수 없으므로 서로 이성체관계에 있다.

2중결합탄소원자에 결합된 원자나 원자단들의 공간배치가 다르기때문에 나타나는 이성현상을 시스-트란스이성현상(립체이성현상)이라고 한다.

시스이성체 트란스이성체

$$\begin{matrix} A & & B \\ & C=C & \\ H & & H \end{matrix} \qquad \begin{matrix} A & & H \\ & C=C & \\ H & & B \end{matrix}$$

여기서 A, B는 수소가 아니다.

례: C_4H_8의 분자식을 가지는 알켄의 이성체들의 구조식을 쓰고 이름을 부르라. 그리고 어떤 이성현상을 나타내는 이성체인가를 밝혀라.

풀이. ① $CH_2{=}CH{-}CH_2{-}CH_3$ 1-부텐

② $CH_3{-}CH{=}CH{-}CH_3$ 2-부텐

③ $CH_2{=}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}{-}CH_3$ 2-메틸-1-프로펜(또는 2-메틸프로펜)

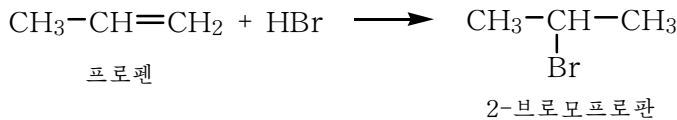
①과 ②는 위치이성체, ①과 ③은 사슬이성체이다.

알켄은 분자안에 2중결합을 가지고있으므로 에틸렌처럼 반응성이 크며 부가반응과 중합반응을 한다.

부가반응. 알켄은 수소, 할로겐(Cl_2, Br_2), 할로겐화수소와 반응한다.

ⓘ 프로펜에 수소(촉매가 있는데서), 브롬이 부가하는 반응을 각각 화학반응식으로 나타내여라.

프로펜과 같은 비대칭알켄에 할로겐화수소가 부가될 때 할로겐화수소의 수소원자는 2중결합을 하고있는 두 탄소원자가운데서 수소원자가 보다 많은 탄소원자에 부가한다. (마르꼬브니꼬브의 부가규칙)

$$\underset{\text{프로펜}}{CH_3{-}CH{=}CH_2} + HBr \longrightarrow \underset{\text{2-브로모프로판}}{CH_3{-}\underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{CH}}{-}CH_3}$$

ⓘ 프로펜의 중합반응을 화학반응식으로 나타내여라.

에틸렌동족체들은 유기합성의 중요한 출발원료이다.

프로펜으로는 폴리프로필렌수지와 아닐론섬유를 만들며 부텐으로는 고무를 만든다.

문 제

1. 빈칸에 알맞는 글을 써넣어라.

ㄱ) 에틸렌은 색과 냄새가 ____ 기체이며 물에 ____.
실험실에서 에틸렌은 ____ 방법으로 포집한다.

ㄴ) 알켄이란 분자안에 ______결합을 ______개 가지고있는 불포화탄화수소를 말한다. 알켄의 일반식은 ______, 에틸렌, 프로펜과 1-부텐의 시성식은 각각 ____, ____, ____이다.

ㄷ) 알켄은 과망간산칼리움의 산성용액과 브롬수의 색을 없앤다. 여기서 과망간산칼리움과의 반응은 ____반응이고 브롬과의 반응은 ____반응이다.
일정한 조건에서 에틸렌은 ____반응을 일으켜 폴리에틸렌을 만든다.

2. 다음 글에서 옳지 않은것을 찾아라.

ㄱ) 에틸렌에 수소가 부가하는 반응, 브롬이 부가하는 반응은 다 π결합이 끊어지면서 일어난다.

ㄴ) 에틸렌분자에는 π결합이 있으므로 에탄분자보다 더 쉽게 분해된다.

ㄷ) sp^2혼성궤도는 sp^3혼성궤도보다 짧다. 그러므로 에틸렌에서 두 탄소원자핵사이의 거리(2중결합길이)는 에탄의 두 탄소원자핵사이의 거리(단결합길이)보다 짧다.

ㄹ) 프로펜을 브롬수에 통과시키면 브롬수의 색이 변한다.

ㅁ) π결합은 결합축의 우와 아래에서 p전자구름이 겹쳐서 일어난다. 그러므로 에틸렌의 구조식은 $H_2C \equiv CH_2$로 써야 한다.

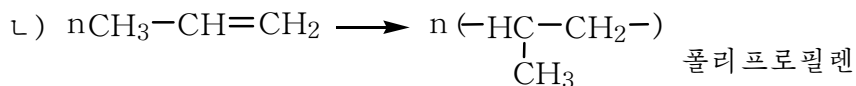
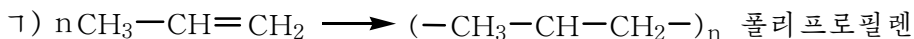
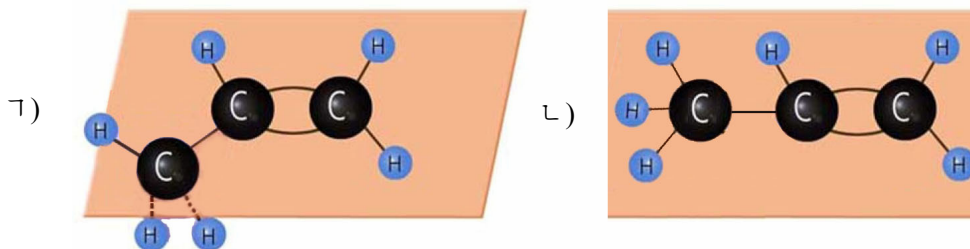
3. 아래의 내용가운데서 정확한것은 ( )이다.

1) 프로펜의 중합반응식

ㄱ) $nCH_3-CH=CH_2 \longrightarrow (-CH_3-CH-CH_2-)_n$ 폴리프로필렌

ㄴ) $nCH_3-CH=CH_2 \longrightarrow n(-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{HC}}-CH_2-)$ 폴리프로필렌

2) 프로펜의 구조

ㄱ) ㄴ)

3) 두 물질은 서로 동족체이다.

ㄱ) CH_3-CH_3 과 $CH_3-CH=CH_2$

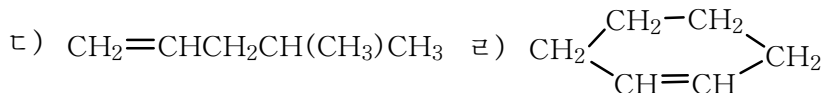
ㄴ) $CH_3-CH=CH_2$ 과 $CH_3CH_2CH=CH_2$

ㄷ) $CH_3-CH_2-CH_3$ 과 $CH_3-CH=CH_2$

ㄹ) $CH_3CH_2CH_2CH_3$ 과 $CH_3CH_2CH_3$

4) 아래의 물질들은 $CH_3CH=CH-\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}H-CH_3$ 과 서로 이성체관계에 있다.

ㄱ) $CH_3CH=CHCH_2CH_3$ ㄴ) $CH_3CH_2CH(CH_3)CH=CH_2$

ㄷ) $CH_2{=}CHCH_2CH(CH_3)CH_3$ ㄹ) $CH_2 \langle CH_2{-}CH_2, CH{=}CH \rangle CH_2$ (고리: $CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH{=}CH{-}CH_2$)

4. 분자식이 C_5H_{10}인 알켄의 가능한 이성체들의 구조식을 쓰고 일반이름을 부르라.

5. 분자량이 42인 에틸렌동족체의 분자식과 구조식을 쓰라.

6. 이소부틸렌에 브롬화수소가 부가하면 어떤 화합물이 생기는가? 화학반응식으로 나타내여라.

7. 브롬수가 들어있는 병에 에틸렌을 불어넣었더니 질량이 14g 늘었다.
20℃, 0.1MPa에서 에틸렌 몇L가 반응하였는가? 무슨 물질 몇g이 생겼는가?
(답. 12.02L, 디브로모에탄 94g)

8. 어떤 알켄에 수소가 부가될 때 얻어지는 생성물은 $CH_3{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}{-}C(CH_3)_3$ 이다.
알켄의 가능한 구조식을 쓰라.

제3절. 아세틸렌

아세틸렌 C_2H_2

위대한 령도자 **김정일**대원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《우리 나라에는 무연탄과 석회석만 하여도 무진장하게 매장되여있는데 그것을 원료로 하는 화학공업을 발전시키면 비날론과 염화비닐을 비롯한 여러가지 화학제품을 많이 생산할수 있습니다.》

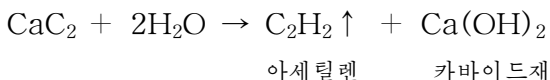
위대한 수령님과 위대한 장군님께서는 우리 나라에 무진장한 무연탄과 석회석으로부터 카바이드를 대대적으로 생산하여 화학공업을 발전시키도록 현명하게 이끌어주시였다.

그리하여 오늘 우리 나라에는 이 무진장한 원료에 기초한 자립적이며 현대적인 유기화학공업기지가 튼튼히 꾸려졌다.

ⓘ 카바이드는 어떻게 만드는가?

아세틸렌은 우리 나라 유기합성공업에서 아주 중요한 자리를 차지한다.

아세틸렌은 공업에서나 실험실에서 카바이드에 물을 작용시켜 만든다.

$$CaC_2 + 2H_2O \rightarrow \underset{\text{아세틸렌}}{C_2H_2\uparrow} + \underset{\text{카바이드재}}{Ca(OH)_2}$$

※ 카바이드재는 주성분이 수산화칼시움이므로 염기성을 띤다. 그러므로 카바이드재를 산성화된 토양에 내면 땅을 중화시킨다.

보통조건에서 순수한 아세틸렌은 색과 냄새가 없는 기체이다. 그러나 카바이드로부터 만든 아세틸렌기체에는 불순물(PH_3, H_2S)이 섞여있기때문에 나쁜 냄새가 난다.

아세틸렌은 물에 잘 용해되지 않는다.

구조. 아세틸렌의 분자식은 C_2H_2이다. 에틸렌보다 수소 2개가 적다.

구조식은 $H-C\equiv C-H$

간단히 $CH\equiv CH$ 로 쓴다.

아세틸렌분자에서 모든 원자들은 한 직선에 놓인다.(그림 4-22)

그림 4-22. 아세틸렌의 분자모형

아세틸렌분자의 3중결합은 어떻게 이루어졌는가.

아세틸렌분자에서 매 탄소원자는 *sp*혼성상태에서 결합을 이룬다. *sp*혼성궤도들은 C-C, C-H σ결합을 이루는데 참가한다.

한편 혼성화되지 않은 2개의 *p*궤도들이 제각기 겹쳐져 π결합을 이룬다.(그림 4-23)

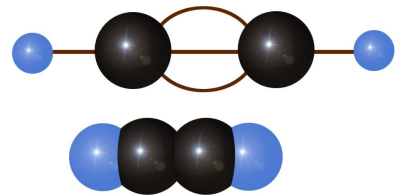
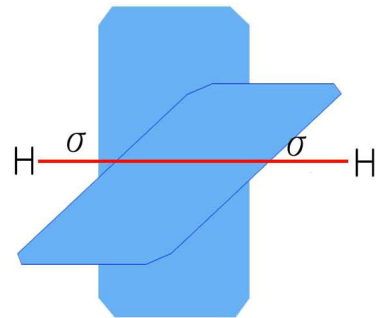
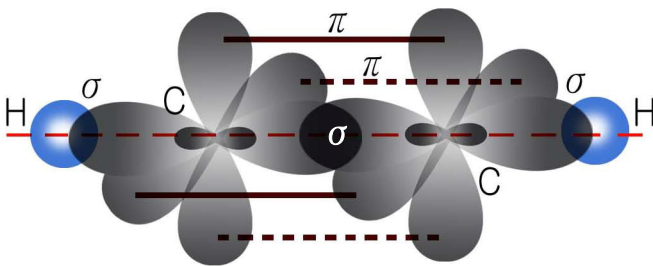
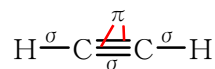
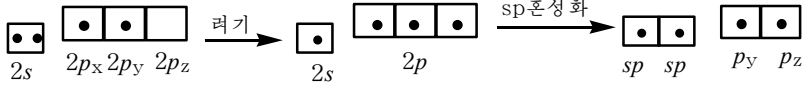
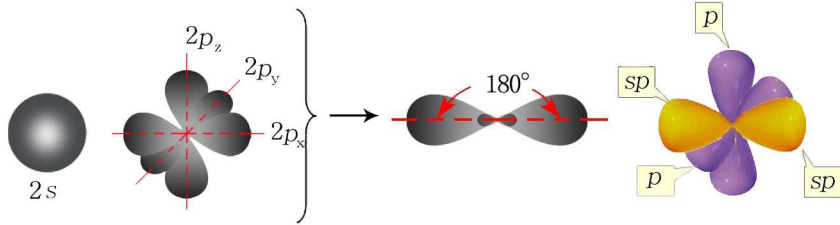
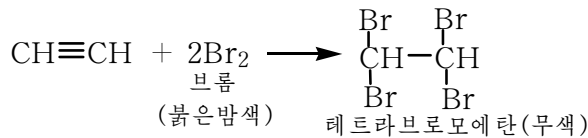



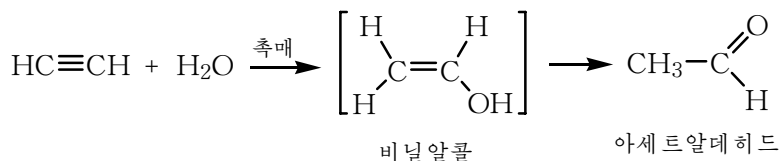
그림 4-23. 아세틸렌분자에서의 σ결합과 π결합

즉 탄소-탄소 3중결합은 하나의 σ결합과 2개의 π결합으로 이루어져있다.

$$H\overset{\sigma}{-}C\underset{\sigma}{\overset{\pi}{\equiv}}C\overset{\sigma}{-}H$$

? 분자구조로 보아 아세틸렌은 어떤 반응을 할수 있는가?

부가반응. 아세틸렌은 에틸렌과 마찬가지로 π결합이 끊어지면서 부가반응을 한다.

$$\mathrm{CH{\equiv}CH} + \underset{\text{브롬 (붉은밤색)}}{2\mathrm{Br_2}} \longrightarrow \underset{\text{테트라브로모에탄(무색)}}{\mathrm{CHBr_2{-}CHBr_2}}$$

Ⓘ 촉매가 있는데서 아세틸렌에 수소를 부가하면 어떤 물질이 생기는가?

아세틸렌은 촉매가 있는데서 물을 부가하여 아세트알데히드로 된다.

$$HC\equiv CH + H_2O \xrightarrow{\text{촉매}} \left[\begin{matrix} H & & H \\ & C=C & \\ H & & OH \end{matrix}\right] \longrightarrow CH_3-C\begin{matrix} =O \\ -H \end{matrix}$$

비닐알콜 아세트알데히드

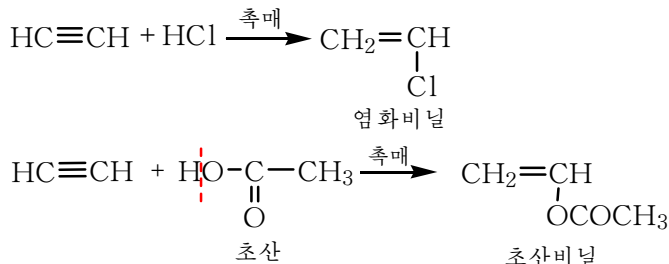
※ 비닐알콜은 매우 불안정한 물질이므로 곧 아세트알데히드로 넘어간다.

촉매가 있는데서 아세틸렌은 염화수소, 초산과도 부가반응을 한다.

$$HC\equiv CH + HCl \xrightarrow{\text{촉매}} CH_2=CH-Cl$$

염화비닐

$$HC\equiv CH + HO-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_3 \xrightarrow{\text{촉매}} CH_2=CH-OCOCH_3$$

초산 초산비닐

염화비닐과 초산비닐에는 다같이 비닐기(CH_2=CH-)가 있다.
비닐기를 가진 화합물은 일정한 조건에서 중합반응을 한다.

ⓘ 염화비닐, 초산비닐의 중합반응을 화학반응식으로 쓰라.

폴리염화비닐은 필갑, 수지연필, 비옷과 같은 제품을 만드는데 쓰이며 폴리초산비닐은 비날론섬유의 중간물질로, 라텍스의 원료로 리용된다.

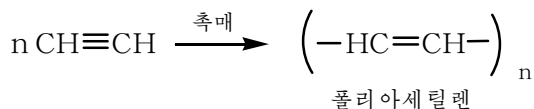
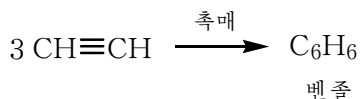
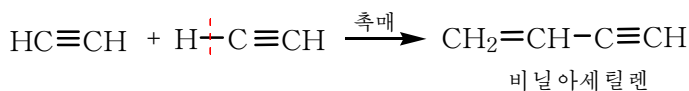
중합반응. 아세틸렌은 촉매가 있는데서 아세틸렌분자끼리 부가, 중합반응을 한다.

$$HC\equiv CH + H-C\equiv CH \xrightarrow{\text{촉매}} CH_2=CH-C\equiv CH$$

비닐아세틸렌

$$3\,CH\equiv CH \xrightarrow{\text{촉매}} C_6H_6$$

벤졸

$$n\,CH\equiv CH \xrightarrow{\text{촉매}} (-HC=CH-)_n$$

폴리아세틸렌

비닐아세틸렌은 고무를 만드는데, 벤졸은 유기용매로, 유기합성원료로 쓰인다. 폴리아세틸렌분자에는 쉽게 이동할수 있는 π전자들이 많으므로 전기전도성이 좋은 고분자화합물로 리용된다.

연소. 아세틸렌은 공기속에서 많은 그을음을 내면서 탄다. 충분한 산소속에서는 완전히 탄다.

$$2C_2H_2 + 5O_2 \rightarrow 4CO_2 + 2H_2O\ ;\ \triangle H=-2\ 680kJ$$

이때 많은 열이 나오므로 온도가 3 000℃까지 오른다.
이 불길로 금속을 자르거나 용접한다.

아세틸렌은 반응성이 크므로 비날론, 염화비닐수지, 합성고무, 알콜, 초산을 비롯한 여러가지 물질을 합성하는 원료로 쓰인다.(그림 4-24)

그림 4-24. 아세틸렌의 용도

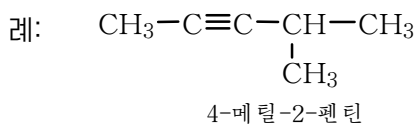
알킨

아세틸렌과 같이 분자안에 3중결합을 하나 가지고있는 불포화탄화수소를 **알킨**이라고 부른다.

알킨의 일반식은 C_nH_{2n-2}이다.

알킨의 일반이름은 알켄과 비슷하게 부르는데 마지막 《엔》대신에 《인》을 붙인다.

례: $CH_3-C\equiv C-CH(CH_3)-CH_3$

4-메틸-2-펜틴

아세틸렌동족체들은 다 분자안에 3중결합을 가지고있으므로 아세틸렌과 비슷한 화학성질을 나타낸다.

? 프로핀에 H_2, Br_2, HCl이 부가하는 반응의 화학반응식을 쓰라.

탐구

아세틸렌이 그을음을 많이 내는 원인

아세틸렌은 공기속에서 탈 때 많은 그을음을 낸다.

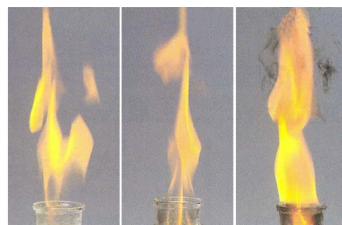
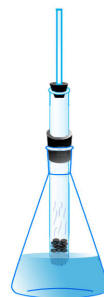
1. 아세틸렌의 연소

그림과 같은 장치에서 아세틸렌을 발생시킨다.

기체유도관으로 나오는 기체에 불을 붙인다. 그을음을 포집한다. 에틸렌이 연소될 때와 비교하여라. (불길의 색, 그을음의 량)

2. 에탄, 에틸렌이 탈 때보다 많은 그을음을 내는 리유를 설명하여라.

불길의 색이 아세틸렌에서 제일 밝은 리유를 설명하여라.

3. 포집한 그을음에 풀(갖풀이나 비닐풀)을 섞어 먹을 만들어 글을 써보아라.

에탄 에틸렌 아세틸렌

문 제

1. 다음 빈칸에 알맞는 글을 써넣어라.

ㄱ) 아세틸렌의 분자식은 ____, 점전자식은 ____, 구조식은 ____이다.

ㄴ) 아세틸렌에서 탄소원자는 ___혼성상태에 있으며 탄소-탄소결합길이는 에탄, 에틸렌에서의 탄소-탄소결합길이보다 ____.

ㄷ) 아세틸렌의 탄소함량은 ____%, 에틸렌의 탄소함량은 ____%, 에탄의 탄소함량은 ___%이다. 이가운데서 탄소를 많이 제일 많이 포함하는 탄화수소는 ___이다.

ㄹ) 두 탄소원자사이에서는 2개의 σ결합이 이루어질수 ___며 3개의 π결합이 이루어질수 ___.

그러므로 아세틸렌의 3중결합가운데서 σ결합은 ___개, π결합은 ___개이다.

ㅁ) 1mol의 C_2H_2은 가장 많아서 _____mol의 Br_2을 부가할수 있다.

ㅂ) 6가지 물질 C_8H_{16}, C_9H_{16}, $C_{15}H_{32}$, $C_{17}H_{34}$, C_7H_{14}와 C_8H_{14}이 있다. 이 가운데서 알칸에 속하는것은 _____, 알켄에 속하는것은 _____, 알킨에 속하는것은 _____이다.

2. 옳은것을 선택하여라.

1) 아세틸렌에서 2개의 π결합은 ( ).

ㄱ) 한 평면에서 이루어진다.

ㄴ) 서로 수직인 두 평면에 각각 놓인다.

2) 알킨에서 나타나는 이성현상은 ( )이며 이성체수는 알켄보다 ( ).

ㄱ) 사슬이성현상　ㄴ) 위치이성현상　ㄷ) 시스-트란스이성현상

ㄹ) 많다　ㅁ) 적다　ㅂ) 같다

3) 1-부틴과 2-부틴은 서로 ( )이다.

ㄱ) 사슬이성체　ㄴ) 시스-트란스이성체　ㄷ) 위치이성체

4) 공기속에서 불탈 때 그을음을 제일 많이 내는것은 ( ), 제일 적게 내는것은 ( )이다.

ㄱ) 메탄　ㄴ) 에탄　ㄷ) 아세틸렌　ㄹ) 에틸렌

3. 25℃, 0.1MPa에서 아세틸렌 1mol을 완전히 불태우려면 산소 몇L가 필요한가?
(답. 61.1L)

4. 염화비닐 1t을 만드는데 아세틸렌과 염화수소가 몇m^3(0℃, 0.1MPa) 들겠는가?
(답. 358.4m^3)

5. 85%순도의 카바이드 100kg으로부터 얻어지는 아세틸렌(0℃, 0.1MPa)으로 비닐아세틸렌 몇kg을 만들수 있겠는가? 거둠률은 85%이다. (답. 29.4kg)

6. mmol의 C_2H_2이 nmol의 H_2과 밀페된 그릇에서 반응하여 pmol의 C_2H_4이 생겼다. 혼합기체가 완전히 불타서 CO_2과 H_2O로 되는데 필요한 O_2의 물질량은 얼마인가? 답을 아래에서 선택하여라.

① $(3m+n)$mol　　② $(\frac{5}{2}m+\frac{n}{2}-3p)$mol

③ $(3m+n+2p)$mol　　④ $(\frac{5}{2}m+\frac{n}{2})$mol

제4절. 부타디엔

탄화수소가운데는 에틸렌, 프로필렌과 같이 분자안에 2중결합을 한개 가지고있는 탄화수소만이 아니라 2개의 2중결합을 가지고있는 탄화수소도 있다.

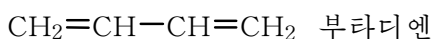
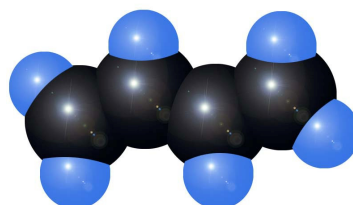
분자안에 2개의 2중결합을 가지고있는 탄화수소를 알카디엔이라고 부른다.

알카디엔의 일반이름은 알칸의 이름에서 《안》대신에 《디엔》을 붙이며 2중결합의 위치를 밝혀 부른다.

알카디엔의 대표적인 물질은 부타디엔이다.(그림 4-25)

그림 4-25. 부타디엔의 분자모형

부타디엔은 보통조건에서 기체이다.(끓음점-47℃)

$CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2$ 부타디엔

또는 1,3-부타디엔, 디비닐이라고도 부른다.

참 고 알카디엔의 분류

디엔이라는 말은 2중결합이 2개 있음을 나타낸것이다.

알카디엔은 2중결합의 배렬에 따라 세가지로 나눌수 있다.

2중결합이 잇닿아있는 디엔

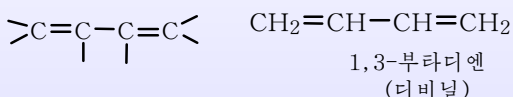
$>C{=}C{=}C<$ $CH_2{=}C{=}CH_2$

프로파디엔

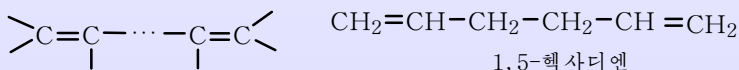
2중결합과 단결합이 엇바뀌여놓인 디엔(공액디엔)

$>C{=}\underset{|}{C}{-}\underset{|}{C}{=}C<$ $CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2$

1,3-부타디엔

(디비닐)

2중결합이 여러개의 단결합을 사이에 두고 떨어져있는 디엔

$>C{=}\underset{|}{C}{-}\cdots{-}\underset{|}{C}{=}C<$ $CH_2{=}CH{-}CH_2{-}CH_2{-}CH{=}CH_2$

1,5-헥사디엔

부타디엔분자는 평면구조를 가진다.

? 2중결합을 이루고있는 탄소원자는 어떤 혼성상태에 있는가?

매 탄소원자는 모두 sp^2혼성상태에서 3개의 이웃원자들과 σ결합을 이룬다. 그러므로 부타디엔분자에서 모든 원자들은 한 평면에 놓인다.(그림 4-26)

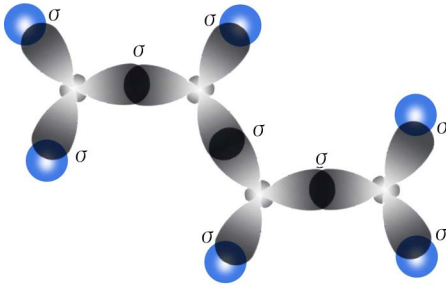
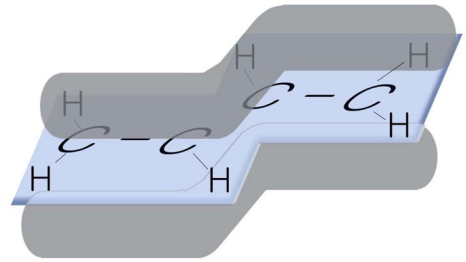
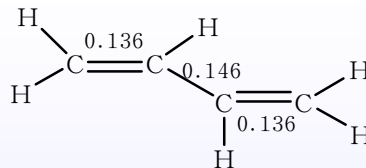
? 혼성화에 참가하지 않은 p궤도는 모두 몇개이며 어떻게 놓여있는가?

4개의 p궤도들은 서로 옆으로 겹쳐져 π결합을 이룬다.

이때 p궤도들은 C^1-C^2, C^3-C^4사이에서만아니라 C^2-C^3사이에서도 겹쳐진다. 따라서 π전자구름은 4개의 탄소원자사슬전체에 퍼져있다.(그림 4-27)

그림 4-26. 부타디엔분자의 σ결합

그림 4-27. 부타디엔분자의 π전자구름띠

참 고 부타디엔에서 π결합의 비국재화

2중결합의 길이는 에틸렌에서보다 길고 단결합(C^2-C^3)의 길이는 에탄에서보다 짧다. 이것은 부타디엔의 2중결합이 완전한 2중결합이 아니며 단결합도 에탄과 같은 순수한 σ결합이 아니라는것을 말해준다.

이로부터 부타디엔의 구조는

$CH_2{=\!=\!=}CH{=\!=\!=}CH{=\!=\!=}CH_2$로 쓰는것이 정확하다.

즉 π결합은 어느 두 탄소원자사이에만 있는것이 아니라 계를 이루는 전체 탄소원자에 골고루 분산되여있다. 이것을 π결합의 비국재화라고 한다.

? 분자구조로 보아 부타디엔은 어떤 성질을 나타내겠는가?

부가반응. 부타디엔은 할로겐, 할로겐화수소를 쉽게 부가한다.

부가반응은 1,2-부가, 또는 1,4-부가방식으로 일어난다.

낮은 온도에서;

$$CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2 + Br_2 \rightarrow \underset{Br}{CH_2}{-}\underset{Br}{CH}{-}CH{=}CH_2 \quad (1,2\text{-부가})$$

3,4-디브로모-1-부텐

높은 온도에서;

$$CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2 + Br_2 \rightarrow \underset{Br}{CH_2}{-}CH{=}CH{-}\underset{Br}{CH_2} \quad (1,4\text{-부가})$$

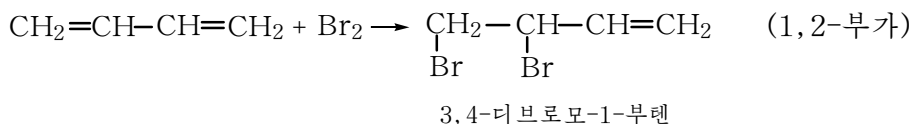
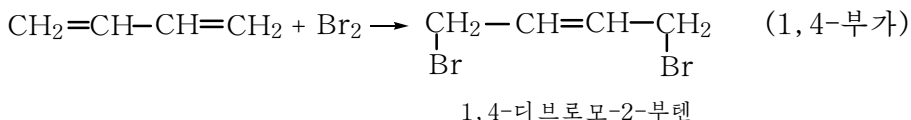
1,4-디브로모-2-부텐

1,4-부가반응이 일어나는것은 시약(할로겐, 할로겐화수소)이 작용할 때 부타디엔분자의 π전자구름이 한쪽으로 쉽게 쏠리기때문이다.(그림 4-28)

그림 4-28. 부타디엔분자에서 π전자구름의 쏠림

일반적으로 1,4-부가생성물은 1,2-부가생성물보다 더 안정하다.

$$CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2 + HBr \longrightarrow CH_3{-}CH{=}CH{-}\underset{Br}{CH_2}$$

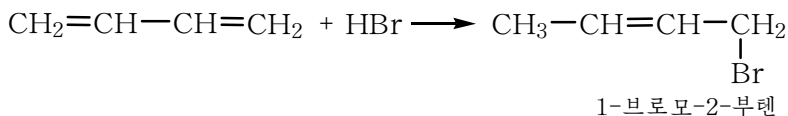
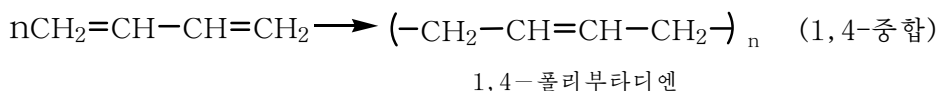
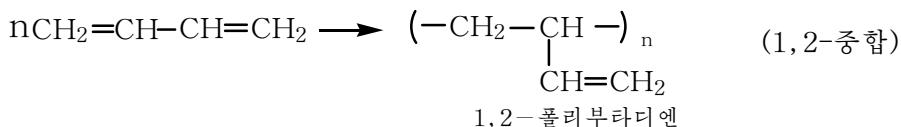
1-브로모-2-부텐

중합반응. 부타디엔은 알켄보다 더 쉽게 중합된다.

$$nCH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2 \longrightarrow (-CH_2{-}\underset{CH=CH_2}{CH}-)_n \quad (1,2\text{-중합})$$

1,2—폴리부타디엔

$$nCH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2 \longrightarrow (-CH_2{-}CH{=}CH{-}CH_2-)_n \quad (1,4\text{-중합})$$

1,4—폴리부타디엔

부타디엔의 중합반응은 부타디엔고무를 만드는데서 매우 중요한 반응이다.

일반적으로 공액디엔을 중합하면 고무제품이 얻어진다.

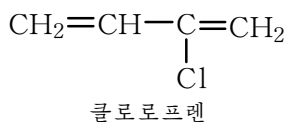
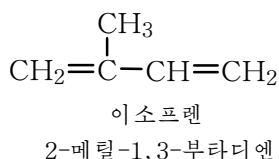
천연고무는 97%이상이 이소프렌이 중합된 구조를 가진다.

클로로프렌도 공액디엔이므로 중합하면 고무의 성질을 가지는 물질이 얻어진다.

$$CH_2{=}\overset{CH_3}{C}{-}CH{=}CH_2$$

이소프렌

2-메틸-1,3-부타디엔

$$CH_2{=}CH{-}\underset{Cl}{C}{=}CH_2$$

클로로프렌

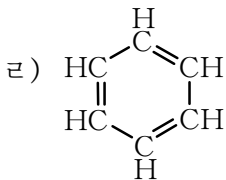
ⓘ 클로로프렌의 1,4-중합반응을 화학반응식으로 쓰라.

문 제

1. 다음 빈칸에 알맞는 글을 써넣어라.

1) 분자안에 ____결합이 ____개 있는 불포화탄화수소를 디엔이라고 한다. 알카디엔의 일반식은 ____이며 ____의 일반식과 같다.
2) 1,3-부타디엔을 간단히 ____ 또는 디비닐이라고 부른다.
3) 부타디엔분자에서 매 탄소원자는 ____혼성상태에 있으므로 탄소원자들사이의 각은 ____° 이고 모든 탄소, 수소원자들은 한 ____에 놓인다.
4) 부타디엔 1mol에 브롬 1mol이 부가될 때 낮은 온도에서는 주로 ____이 생기고 높은 온도에서는 주로 ____이 생긴다.
5) 공액디엔의 중요한 성질은 알켄보다 ____반응을 더 잘하는것이다.

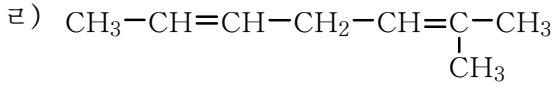
2. 정확한 답을 선택하여라.

1) 공액2중결합은 ( ).
   ㄱ) 2중결합들이 하나의 단결합을 사이에 두고 떨어져있다.
   ㄴ) 2중결합들이 잇닿아있다.
   ㄷ) 2중결합들이 여러개의 단결합을 사이에 두고 배렬되여있다.
2) 공액인 탄소사슬은 ( )이다.
   ㄱ) $CH_3-CH=CH-CH=CH_2$
   ㄴ) $CH_2=C(CH_3)-CH_2-CH=CH_2$
   ```
   CH2=C-CH2-CH=CH2
       |
       CH3
   ```
   ㄷ) $CH_2=CH-CH=CH-CH=CH-CH_3$
   ㄹ)
   ```
          H
          C
       HC ⁄ ⸌ CH
       ‖     |
       HC ⸜ ⁄ CH
          C
          H
   ```
   ㅁ) $CH_3-CH=C=CH-CH_3$

3. 다음 구조를 가진 물질의 이름을 부르고 공액디엔을 찾으라.

ㄱ) $CH_2=C=CH-CH_3$

ㄴ) $CH_3-CH=CH-CH=CH_2$

ㄷ) $CH_2=C(CH_3)-CH=CH-CH_2-CH_3$
```
CH2=C-CH=CH-CH2-CH3
    |
    CH3
```

ㄹ) $CH_3-CH=CH-CH_2-CH=\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}-CH_3$

4. 부타디엔의 π전자구름은 부텐의 π전자구름과 어떻게 다른가?

5. 석회석과 무연탄으로부터 부타디엔과 클로로프렌을 얻는 과정을 각각 화학반응식으로 나타내여라.

6. 85%순도의 카바이드 100kg으로부터 클로로프렌 몇kg을 만들수 있는가?

(답. 58.8kg)

제5절. 벤졸, 방향족탄화수소

벤졸 C_6H_6

벤졸은 농약과 의약품, 물감, 폭발물 등을 만드는 원료이다.

벤졸은 잘 휘발하며 특이한 냄새가 나는 색이 없는 액체이다. 끓음점은 80.4℃이다.

벤졸은 물에 용해되지 않으며 물보다 가볍다.(밀도 0.879g/㎤)

벤졸은 기름, 수지, 생고무와 같은 물질들을 용해시키는 성질이 있으므로 용매로 쓰인다.

구조. 벤졸의 분자식은 C_6H_6이다.

벤졸의 구조식

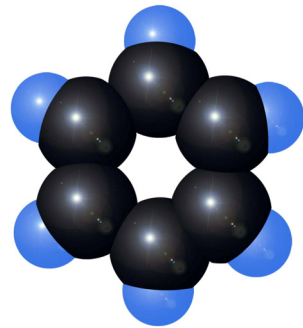
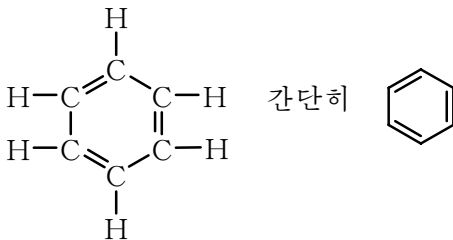



그림 4-29. 벤졸의 분자모형

이 구조식을 **케쿨레구조식**이라고도 부른다.

ⓘ 케쿨레구조식에 의하면 벤졸고리의 탄소-탄소 결합길이가 다 같다고 말할수 있는가?

벤졸분자에는 6개의 탄소원자가 공액2중결합으로 고리를 이룬 탄소사슬이 있다. 이것을 **벤졸고리** 또는 **벤졸핵**이라고 한다.

벤졸고리는 바른6각형이며 결합각은 모두 120° 이다.

참 고 케클레의 꿈과 벤졸의 구조식

케쿨레(1829-1896. 도이췰란드의 화학자)는 어느날 자기의 꿈이야기를 하였다. 《나는 가끔 교과서집필중에 잘 떠오르지 않을 때에는 의자에 기대여 눈을 붙이군 하였다. 그날도 마찬가지였는데 문득 원자들이 눈앞에 나타나 춤추기 시작하였다. 이번에는 작은 원자들이 물러나고 큰 원자들이 나타났다. 그것들은 긴 렬을 이루면서 엉키였는데 한마리의 뱀이 또 다른 뱀의 꼬리를 물고 그 뱀은 또 다른 뱀의 꼬리를 물면서 눈앞에서 빙빙 돌아갔다.》

케쿨레는 벤졸의 구조해명에 정력을 집중하여 1865년에 오늘과 같은 구조를 밝혀내게 되였다. 케쿨레의 꿈이야기는 그가 평시에 벤졸의 구조를 해명하기 위하여 얼마나 깊이 사색하였는가를 잘 말해준다.

벤졸분자의 구조

전제조건: 벤졸분자는 평면구조이다. 탄소-탄소사이에 2중결합이 있다.

벤졸분자에서 탄소원자들은 에틸렌, 부타디엔에서와 마찬가지로 sp^2혼성상태에 있다.

탐구내용: ① 탄소원자들사이의 거리가 다 같은가?

② 2중결합과 단결합이 엇바뀌여있는가?

탐구과정:

・매 탄소원자에는 3개의 sp^2혼성전자구름과 하나의 p전자구름이 있다.

이 전자구름들의 공간배치;

sp^2혼성전자구름은 ____에 놓여있다.

p전자구름은 _____ 놓여있다.

6개의 탄소원자의 sp^2혼성전자구름들이 겹쳐 σ결합을 이루는 모양을 그림으로 나타내여라.

・벤졸분자의 π결합

6개의 p전자구름들은 σ결합이 이루어지는 평면에 _____ 배치되여있다.

벤졸분자의 π결합은 p전자구름들이 _____ 겹쳐서 이루어진다.

π전자들은 어느 두 탄소원자사이에서만 운동하는가? ______

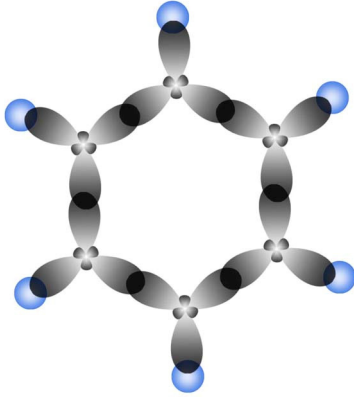
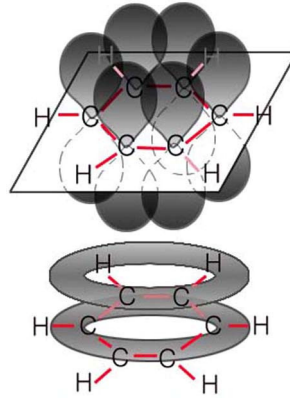
이에 기초하여 벤졸분자의 구조를 가정해보아라.

벤졸에서의 σ결합과 π결합을 그림 4-30과 4-31에 나타내였다.

벤졸분자에서 π전자구름은 이웃 두 탄소원자에만 매여있지 않고 6개의 탄소원자에 골고루 퍼져있다.

그러므로 벤졸의 구조식은 케쿨레구조식외에 나 로도 나타낸다.

그림 4-30. 벤졸분자의 σ결합

그림 4-31. 벤졸분자의 π결합과 π전자구름

? 분자안에 π결합이 있는 화합물은 어떤 반응을 하는가?

성질. 벤졸의 화학성질에서 특징적인것은 벤졸핵이 매우 안정하다는것이다.

보통조건에서 센 산화제인 파망간산칼리움에 의해서도 벤졸고리는 끊어지지 않는다.

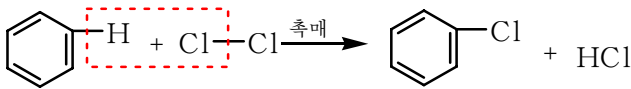
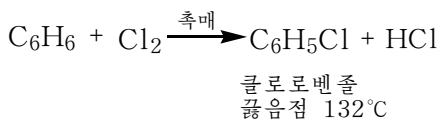
벤졸은 π결합을 가지고있지만 촉매가 있는 조건에서도 부가반응은 힘들고 오히려 치환반응을 잘 일으킨다.

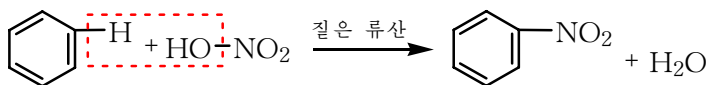
치환반응. $FeCl_3$이나 $FeBr_3$촉매가 있는데서 벤졸에 할로겐(Cl_2, Br_2)을 작용시키면 벤졸의 수소원자가 할로겐으로 치환된다.

$$C_6H_5{-}H + Cl{-}Cl \xrightarrow{\text{촉매}} C_6H_5{-}Cl + HCl$$

간단히

$$C_6H_6 + Cl_2 \xrightarrow{\text{촉매}} C_6H_5Cl + HCl$$

클로로벤졸
끓음점 132℃

벤졸은 짙은 류산이 있는데서 짙은 질산과 반응하여 니트로벤졸을 만든다.

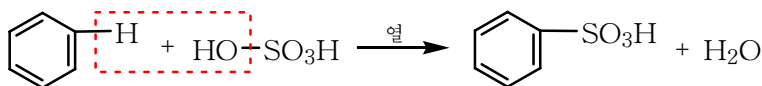
$$C_6H_5\text{-}H + HO\text{-}NO_2 \xrightarrow{\text{질은 류산}} C_6H_5\text{-}NO_2 + H_2O$$

니트로벤졸
녹음점 6℃
끓음점 211℃

ⓘ 벤졸이 질산과 반응하여 니트로벤졸이 얻어지는 반응도 치환반응인가?

탄화수소분자안의 수소원자가 니트로기($-NO_2$)로 치환되는 반응을 **니트로화**라고 부른다. 니트로화합물은 탄소원자에 직접 결합된 니트로기를 가지고있는 화합물이다.

니트로벤졸은 물감, 의약품, 폭발물생산에서 매우 중요한 중간물질이다.

벤졸에 질은 류산을 넣고 가열하면 벤졸술폰산이 생긴다.

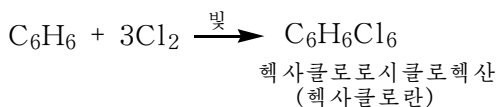
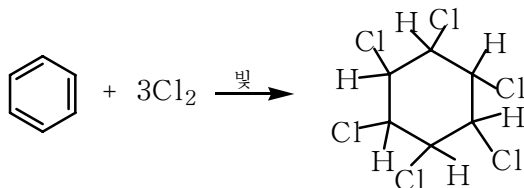
$$C_6H_5\text{-}H + HO\text{-}SO_3H \xrightarrow{\text{열}} C_6H_5\text{-}SO_3H + H_2O$$

벤졸술폰산
녹음점 50℃

탄화수소분자안의 수소원자가 술폰기($-SO_3H$)로 치환되는 반응을 **술폰화**라고 부른다. 탄소원자에 직접 결합된 술폰기를 가진 화합물을 **술폰산**이라고 한다.

술폰산은 보통 센산이며 그의 나트리움염은 합성세척제로 쓰인다. 또한 술폰산은 의약품생산에도 쓰인다.

부가반응. 벤졸은 빛이나 자외선을 쪼여주면 어렵기는 하나 부가반응을 일으킨다.

$$C_6H_6 + 3Cl_2 \xrightarrow{\text{빛}} C_6H_6Cl_6$$

헥사클로로시클로헥산
(헥사클로란)

※ 《시클로》라는 말은 고리를 의미한다.

알칸이 고리를 이룰 때 량끝 탄소원자에서 수소원자가 하나씩 떨어져야 하므로 분자식은 알칸보다 수소 2개가 적다.

례: 헥산 C_6H_{14}, 시클로헥산 C_6H_{12}

헥산, 시클로헥산과 같이 탄소원자들사이에 단결합만으로 이루어진 탄화수소를 포화탄화수소라고 부른다.

ⓘ 니켈촉매가 있는데서 벤졸에 수소를 부가하면 시클로헥산이 생긴다. 화학반응식으로 나타내여라.

벤졸과 같이 분자안에 π결합을 가지고있으면서도 부가반응은 알켄보다

힘들고 오히려 치환반응이 잘 일어나며 산화제에 대하여 매우 안정한 성질을 방향성이라고 부른다.

벤졸의 용도를 그림 4-32에 주었다.

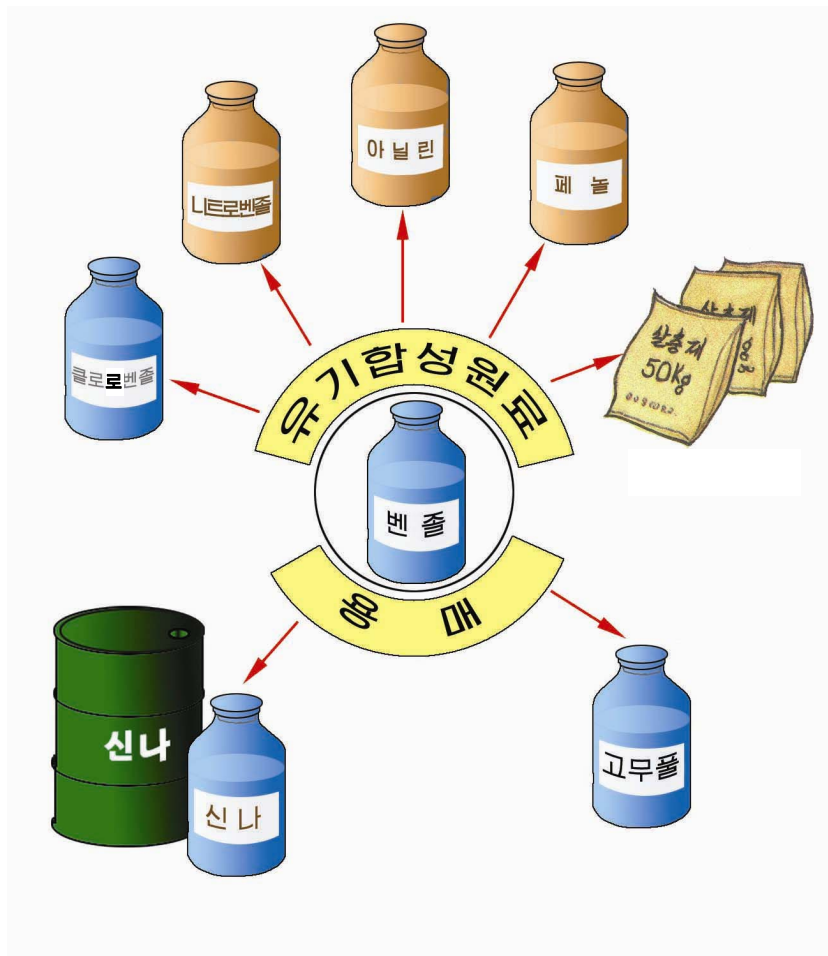
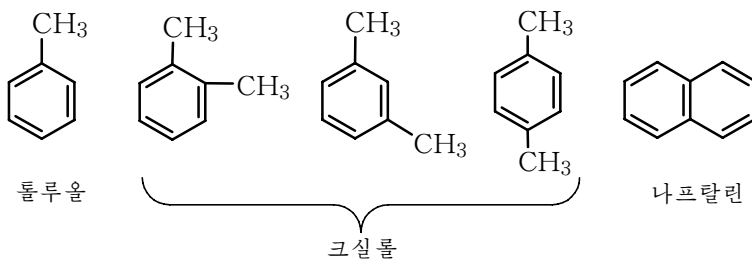



그림 4-32. 벤졸의 용도

방향족탄화수소

석탄을 가공하면 벤졸 C_6H_6, 톨루올 C_7H_8, 크실롤 C_8H_{10}, 나프탈린 $C_{10}H_8$과 같은 물질들을 얻을수 있다.

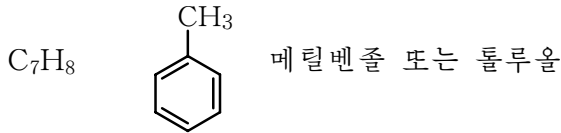
CH3 CH3 CH3 CH3 CH3 CH3 CH3

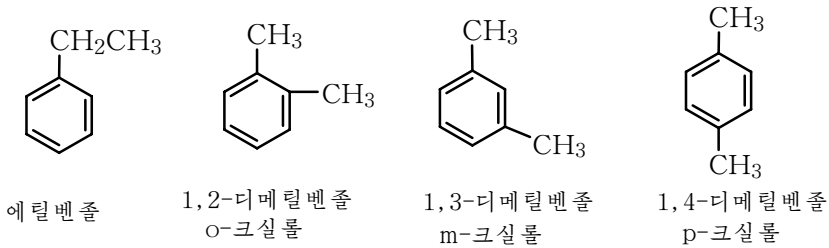
톨루올 크실롤 나프탈린

Ⓠ 이 물질들의 구조에 공통적으로 들어있는것은 무엇인가?

일반적으로 분자안에 벤졸고리를 가지고있는 탄화수소를 통털어 **방향족탄화수소**라고 부른다.

Ⓠ 벤졸동족렬이란 무엇인가? 나프탈린은 벤졸동족체인가?

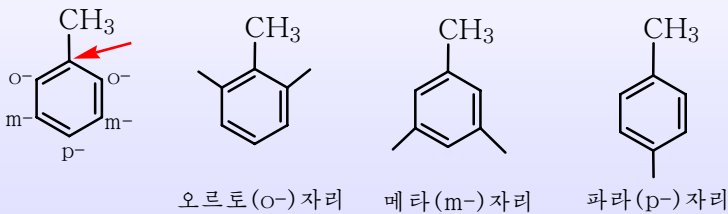
이성현상. 벤졸과 가장 가까운 동족체인 메틸벤졸에는 이성체가 없다.

C_7H_8 CH_3 메틸벤졸 또는 톨루올

탄소수가 8개인 벤졸동족체 C_8H_{10}에는 4가지 이성체들이 존재한다.

에틸벤졸 | 1,2-디메틸벤졸 o-크실롤 | 1,3-디메틸벤졸 m-크실롤 | 1,4-디메틸벤졸 p-크실롤

오르토-, 메타-, 파라-

벤졸고리에 결가지가 2개 있을 때 결가지들의 상대적인 자리를 수자대신 오르토(o), 메타(m), 파라(p)로 나타낸다.

이때 어느 한 결가지가 있는 탄소원자를 중심으로 잡는다.

오르토(o-)자리 메타(m-)자리 파라(p-)자리

Ⓠ 분자식이 C_9H_{12}인 벤졸동족체에는 몇개의 이성체가 있는가?

벤졸동족체들은 보통 벤졸과 비슷한 냄새가 나며 색이 없는 액체이다.

벤졸동족체들은 모두 물에 용해되지 않으며 그 증기는 유독하다.

몇가지 벤졸동족체들의 물리성질 표 4-6

이름	화학식	녹음점/℃	끓음점/℃	밀도/$g \cdot cm^{-3}$
벤졸	C_6H_6	5.5	80.4	0.879 0
톨루올	$C_6H_5-CH_3$	-95.0	110.6	0.866 9
o-크실롤	$C_6H_4(CH_3)_2$	-25.6	144.4	0.880 2
m-크실롤	$C_6H_4(CH_3)_2$	-47.0	130.1	0.864 1
p-크실롤	$C_6H_4(CH_3)_2$	13.3	133.4	0.861 0
에틸벤졸	$C_6H_5-C_2H_5$	-94.9	136.2	0.866 9
프로필벤졸	$C_6H_5-C_3H_7$	-101.0	159.0	0.862 0

벤졸동족체들의 구조에는 벤졸고리가 있으므로 벤졸과 비슷한 반응성을 나타낸다.

치환반응. 벤졸고리에서의 치환반응은 벤졸에서보다 쉽게 일어난다.

반응은 주로 o-와 p-자리에서 일어난다.

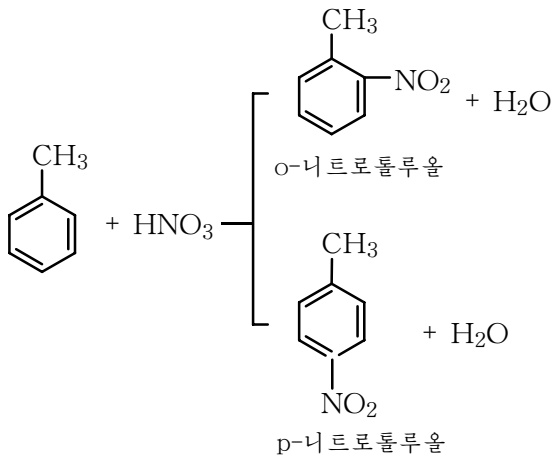
톨루올의 니트로화반응은 류산(촉매)이 없어도 질은 질산에 의해 일어난다.

CH_3 NO_2 $+ H_2O$

CH_3 $+ HNO_3$ o-니트로톨루올

CH_3

$+ H_2O$

NO_2

p-니트로톨루올

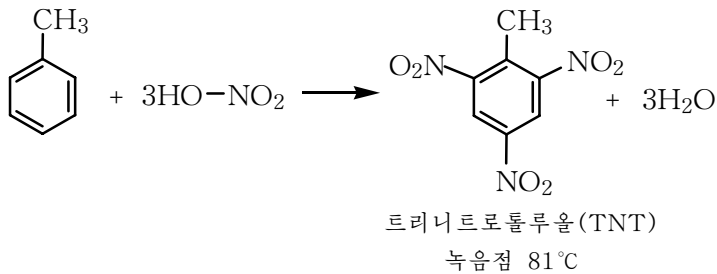
높은 온도에서 톨루올을 니트로화하면 2,4,6-트리니트로톨루올이 얻어진다.

CH_3 CH_3

$+ 3HO-NO_2 \longrightarrow$ O_2N NO_2 $+ 3H_2O$

NO_2

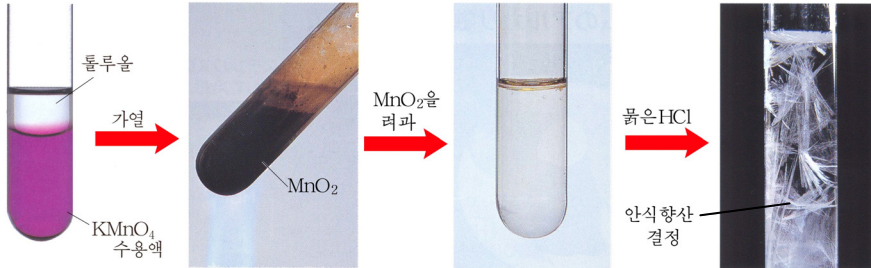
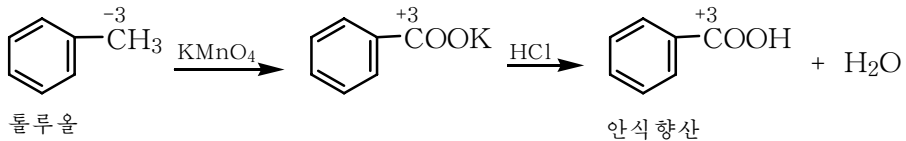
트리니트로톨루올(TNT)

녹음점 81℃

트리니트로톨루올(TNT)은 폭발성이 있으므로 폭약으로 쓰인다.

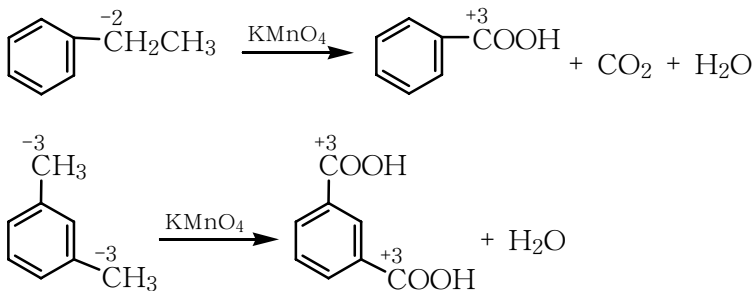
Ⓟ 톨루올의 p-자리에서의 브롬화반응을 반응식으로 쓰라.

산화. 벤졸은 $KMnO_4$에 의해 산화되지 않지만 벤졸동족체들은 산화된다. 이때 벤졸고리가 아니라 곁가지가 산화되여 -COOH로 된다.

그림 4-33. 과망간산칼리움에 의한 톨루올의 산화

$$\underset{\text{톨루올}}{C_6H_5\overset{-3}{C}H_3} \xrightarrow{KMnO_4} C_6H_5\overset{+3}{C}OOK \xrightarrow{HCl} \underset{\text{안식향산}}{C_6H_5\overset{+3}{C}OOH} + H_2O$$

일반적으로 벤졸동족체들의 산화는 다음과 같이 쓸수 있다.

$$C_6H_5\overset{-2}{C}H_2CH_3 \xrightarrow{KMnO_4} C_6H_5\overset{+3}{C}OOH + CO_2 + H_2O$$

$$C_6H_4(\overset{-3}{C}H_3)_2 \xrightarrow{KMnO_4} C_6H_4(\overset{+3}{C}OOH)_2 + H_2O$$

Ⓟ 우의 산화생성물로부터 벤졸동족체의 산화특성을 자기 말로 이야기해보아라.

벤졸동족체에서는 탄소수에 관계없이 벤졸고리에 결합된 첫 탄소원자가 산화된다.

벤졸동족체들은 농약, 의약품, 물감을 비롯한 여러가지 물질을 만드는데 쓰인다.

벤졸, 톨루올은 유기용매로 쓰인다.

신나의 조성에는 벤졸이나 톨루올이 들어간것이 많다.

신나의 조성(%) 표 4-7

례 1		례 2	
벤 졸	25	톨 루 올	65
에틸알콜	20	초산에틸	20
아 세 톤	15	초산부틸	5
초산에틸	20	초산아밀	4
초산부틸	20	부틸알콜	5
		에 테 르	1

※ 벤졸과 아세톤을 1:1로 섞은 용액에 염화비닐수지를 용해시켜 염화비닐풀을 만든다.

나프탈린

나프탈린의 분자식은 $C_{10}H_8$이며 구조식은 다음과 같다.

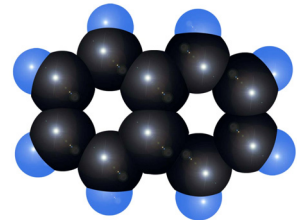
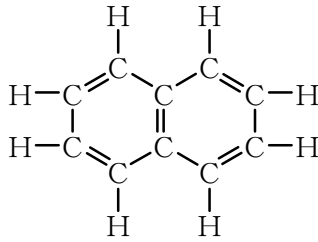
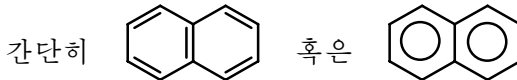



그림 4-34. 나프탈린의 분자모형

나프탈린은 80℃에서 녹고 218℃에서 끓는 특징적인 냄새가 나는 나무잎모양의 흰 결정이다. 물에는 용해되지 않으나 알콜, 에테르, 벤졸에 잘 용해된다.

나프탈린은 보통조건에서 승화되는 성질이 있다.

나프탈린은 이 성질을 리용하여 정제한다. 나프탈린은 가정에서 좀약으로 쓰인다.

나프탈린은 벤졸과 비슷하게 치환반응, 부가반응을 한다.

참 고 좀약 - 나프탈린

우리가 보통 사용하고있는 좀약은 나프탈린이다.

나프탈린은 냄새가 나고 쉽게 승화되므로 좀이 나프탈린의 증기에 견디지 못한다. 어떤 나프탈린좀약들은 불순하므로 흔히 옷에 기름흔적을 남긴다.

그러므로 좀약으로 쓸 때 나프탈린덩어리를 종이에 싸서 옷사이에 끼워넣어야 한다. 나프탈린을 넣은 옷장안에 손목시계를 넣으면 안된다. 그것은 나프탈린증기가 시계안으로 들어가 기계기름을 응고시켜 시계를 못쓰게 만들기때문이다..

문 제

1. 빈칸에 알맞는 글을 써넣어라.

1) 벤졸은 ____냄새가 나는 ____색의 ____체이다. 물에 ____되지 않는다.

2) 벤졸은 ____탄화수소에 속하며 케쿨레구조식은 ____이다.

벤졸의 구조식은 또한 ____와 ____로도 표시한다.

3) 벤졸분자에서 2중결합은 ____이 아니며 단결합은 ____결합이 아니다.

4) 벤졸분자도 부타디엔분자처럼 ____사슬을 가지고있다.

5) 방향족탄화수소는 분자안에 ____고리를 가지고있는 ____이다.

2. 정확한것을 선택하여라.

1) 일정한 조건에서 부가반응도 하고 치환반응도 하지만 $KMnO_4$용액과 작용하지 않는것은 ( )이다.

ㄱ) 에탄 ㄴ) 벤졸 ㄷ) 아세틸렌 ㄹ) 에틸렌

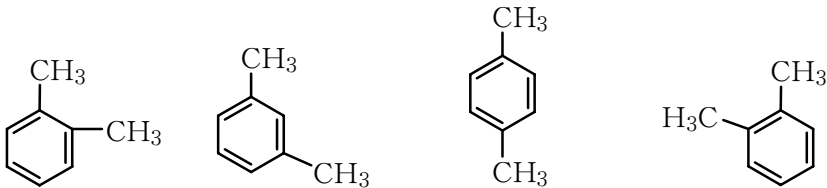
2) 벤졸의 성질

ㄱ) 연소되여 CO_2과 H_2O를 생성한다.

ㄴ) 쉽게 부가반응을 한다.

ㄷ) 특수한 조건에서만 부가반응을 한다.

ㄹ) 부가반응보다 치환반응을 잘 일으킨다.

3. 성희는 크실롤의 이성체를 다음과 같이 4가지로 써냈다. 옳은가? 리유를 설명하여라.

1,2-디메틸벤졸 1,3-디메틸벤졸 1,4-디메틸벤졸 1,5-디메틸벤졸

4. 벤졸의 수소원자 한개를 다음의 원자나 원자단으로 치환한 화합물의 구조식을 쓰고 이름을 불러보아라.

ㄱ) $-CH_3$ ㄴ) -Br ㄷ) $-NO_2$ ㄹ) -Cl ㅁ) -COOH ㅂ) $-SO_3H$

5. 톨루올과 브롬의 혼합물에 빛을 쪼여주면 메틸기의 수소 하나가 브롬원자로 치환된다. 화학반응식으로 쓰라.

6. 다음과 같은 실험에 의하여 생기는 화합물 (ㄱ)-(ㅅ)의 이름과 구조식을 쓰라.

① 벤졸에 짙은 질산과 짙은 류산의 혼합물을 넣고 가열하면 벤졸고리의 수소원자 하나가 치환된 화합물 (ㄱ)가 얻어진다.

② 벤졸에 짙은 류산을 넣고 가열하면 (ㄴ)가 얻어진다. (ㄴ)를 가성소다로 중화하면 (ㄷ)가 생긴다.

③ 벤졸에 염화철촉매가 있는데서 염소기체를 반응시키면 (ㅁ)가 생기며 해빛을 쪼이면서 염소기체를 반응시키면 (ㅂ)가 생긴다.

④ 톨루올을 산성매질에서 과망간산칼리움용액으로 산화하면 (ㅅ)가 생긴다.

7. 벤졸은 촉매가 있는데서 아세틸렌 세 분자를 중합시켜 만든다. 아세틸렌 10L(표준조건)를 가지고 벤졸을 만들고(거둠률 60%) 이 벤졸을 모두 니트로벤졸로 변

화시키려고 한다. 63% 질산용액 몇g이 필요한가? (답. 8.93g)

8. 트리니트로톨루올 100kg을 얻으려면 톨루올이 몇L 필요한가? (표 4-6 참고)
(답. 46.8L)

제6절. 석탄건류, 원유가공

석탄건류

위대한 령도자 **김정일**대원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《우리 나라에서 석탄은 연료, 동력의 기본자원이며 공업의 식량입니다. 석탄이 있어야 공장이 돌아가고 전기가 나오며 여러가지 공업제품을 생산할수 있습니다.》

위대한 수령님과 위대한 장군님께서는 우리 나라에 풍부한 석탄을 출발원료로 하는 주체적인 화학공업을 창설하도록 현명하게 이끌어주시였다.

석탄은 전기를 생산하거나 열을 얻는 공업의 중요한 동력으로 될뿐아니라 갖가지 귀중한 물질을 얻는 화학공업의 원료이다.

Ⓟ 석탄을 원료로 하여 카바이드를 만드는 과정을 간단히 말하여라.

석탄은 먼 옛날 식물이 죽어 땅속에 묻혀서 오랜 기간 박테리아, 지압, 지열을 받으면서 탄화되여 생겼다.

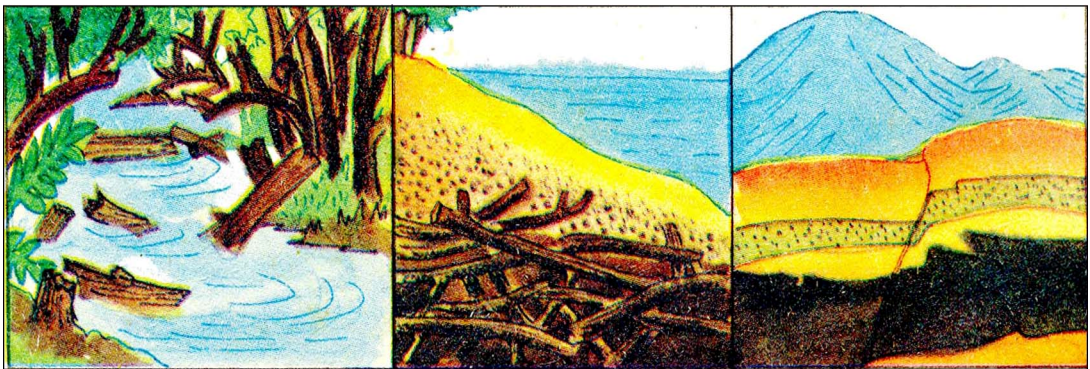



그림 4-35. 석탄의 형성

석탄은 탄소원소로만 이루어진 단순물이 아니다.

석탄은 유기물질과 적은 량의 무기물질로 이루어진 복잡한 혼합물이다.

유기물질들가운데서도 탄화수소 특히 방향족탄화수소가 많이 들어있다.

그러므로 석탄을 잘 가공하면 여러가지 유기물질 특히 방향족탄화수소를 많이

얻을수 있다.

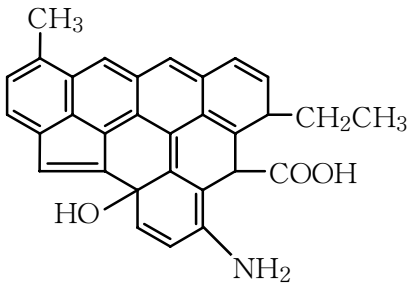
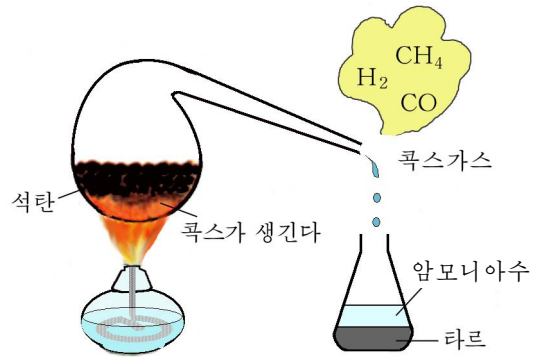



그림 4-36. 석탄의 구조　　　　　그림 4-37. 석탄건류실험

공기가 없는데서 높은 온도로 열을 주어 석탄을 분해시키는것을 **석탄건류**라고 부른다.

그림 4-38. 건류할 때 석탄의 분해과정

공업에서는 해탄로에서 석탄을 건류한다.

해탄로의 건류실에 석탄을 넣은 다음 공기가 들어가지 못하도록 뚜껑을 꼭 닫고 약 1 000℃로 열을 주면 석탄이 건류된다.(그림 4-39)

이때 콕스(고체)와 함께 석탄타르(액체), 암모니아수, 해탄로가스가 얻어진다.

콕스는 철생산에서 환원제로, 연료로 쓰인다.

석탄타르에서 벤졸, 톨루올, 크실롤, 나프탈린, 페놀 같은 방향족화합물들을 갈라낸다. 남은것은 피치이다. 피치는 방수제로, 도로포장재료로 쓰인다.

암모니아수에는 주로 암모니아와 암모니움염이 용해되여있다. 그러므로 암모니아수에 류산을 작용시켜 류안비료를 만든다.

Ⓘ 암모니아와 류산으로부터 류안비료를 만드는 반응을 화학반응식으로 나타내여라.

해탄로가스에는 수소, 일산화탄소, 메탄과 같은 불탈수 있는 물질들이 많이 들어있다.(그림 4-40) 그러므로 이 가스는 기체연료로 쓰인다.

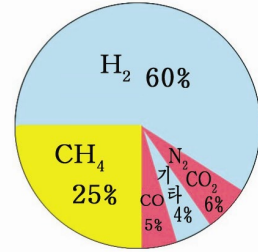
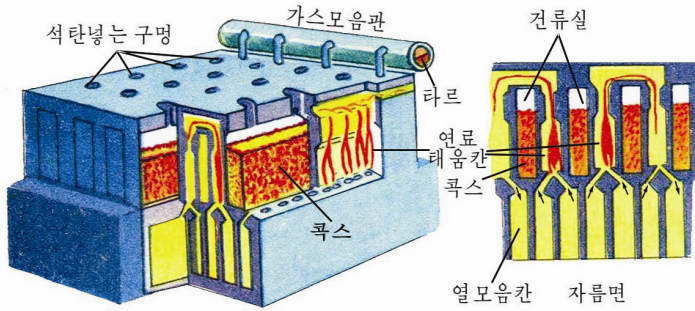



그림 4-39. 해탄로　　　　　　　　그림 4-40. 해탄로가스의 조성

ⓘ 석탄건류생성물로부터 석탄은 어떤 화학원소들로 이루어졌는가를 이야기하여라.

이처럼 석탄으로부터 화학공업의 귀중한 원료들을 얻을수 있다.(그림 4-41)

폭발물
클로로벤졸
니트로벤졸
의약품
농약
데트론
의약품
톨루올
벤졸
크실롤
물감
경유
페놀
농약
가소제
칠감
피치
나프탈린
중유
좀약
콕스가스
기체연료
안트라센
물감
타르증류
콕스
화학비료
암모니아수
환원제
합성고무
초산
알콜
(건류)
염화비닐
화학비료
카바이드생산
석탄가스
카바이드
비날론
가스화

그림 4-41. 석탄은 화학공업의 귀중한 원료

원유가공

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《원유를 가공하여 각종 화학제품을 만들기 위한 연구사업도 더 적극적으로 진행하여야 하겠습니다.》

위대한 수령님과 위대한 장군님께서는 오래전에 벌써 우리 나라에서 원유로부터 여러가지 물질을 생산하는 공업을 발전시킬데 대하여 가르쳐주시고 그 실현에로 현명하게 이끌어주시였다.

원유는 검은밤색을 띤 걸죽한 액체이다.

원유는 끓음점이 서로 다른 여러가지 탄화수소(주로 알칸)들의 혼합물이다.

액체탄화수소가 기본이고 여기에 메탄과 같은 기체와 고체탄화수소가 조금 용해되여있다. 원유를 가공하면 휘발유, 디젤유와 같은 여러가지 액체연료들과 에틸렌, 프로필렌과 같은 갖가지 화학공업의 원료들을 얻을수 있다.

원유를 가공하는 방법에는 증류, 열분해, 갱질화 같은것들이 있다.

증류. 원유가공은 증류로부터 시작한다.

ⓘ 알칸의 탄소수와 끓음점은 어떤 관계에 있는가?

원유에 열을 주면 처음에는 메탄, 에탄, 프로판과 같은 기체탄화수소들이 날아나온다.

계속 열을 주면 끓음점이 낮은 탄화수소로부터 점차 끓음점이 높은 탄화수소들이 증발되여나온다. 이것을 나오는 차례로 식히면 끓음점이 서로 다른 탄화수소들을 따로따로 얻을수 있다.

끓음점이 높고 분자량이 큰 탄화수소는 어떻게 갈라내는가.

대기압조건에서 끓음점이 높은(350℃이상) 탄화수소들은 압력을 낮추어 보다 낮은 온도에서 갈라낸다.

ⓘ 끓음점과 압력은 어떤 관계에 있는가?

그러므로 원유의 증류공정은 상압증류공정과 감압증류공정으로 꾸려진다.

※ 원유의 매 성분들의 끓음점이 서로 다르다는것을 리용하여 복잡한 혼합물을 비교적 단순하고 보다 쓸모있는 혼합물들로 분리하는 과정을 분별증류라고 부른다.

원유의 증류에서 얻어지는 제품들은 그림 4-42와 같다.

액화가스는 기체연료로, 휘발유, 등유, 경유, 중유는 액체연료와 용매로 쓰인다.

윤활유(방추유, 기계유)는 기계기름으로, 파라핀은 불켜는 초, 크레용 같은것을 만드는데 쓰인다. 피치는 도로포장과 방수에 쓰인다.

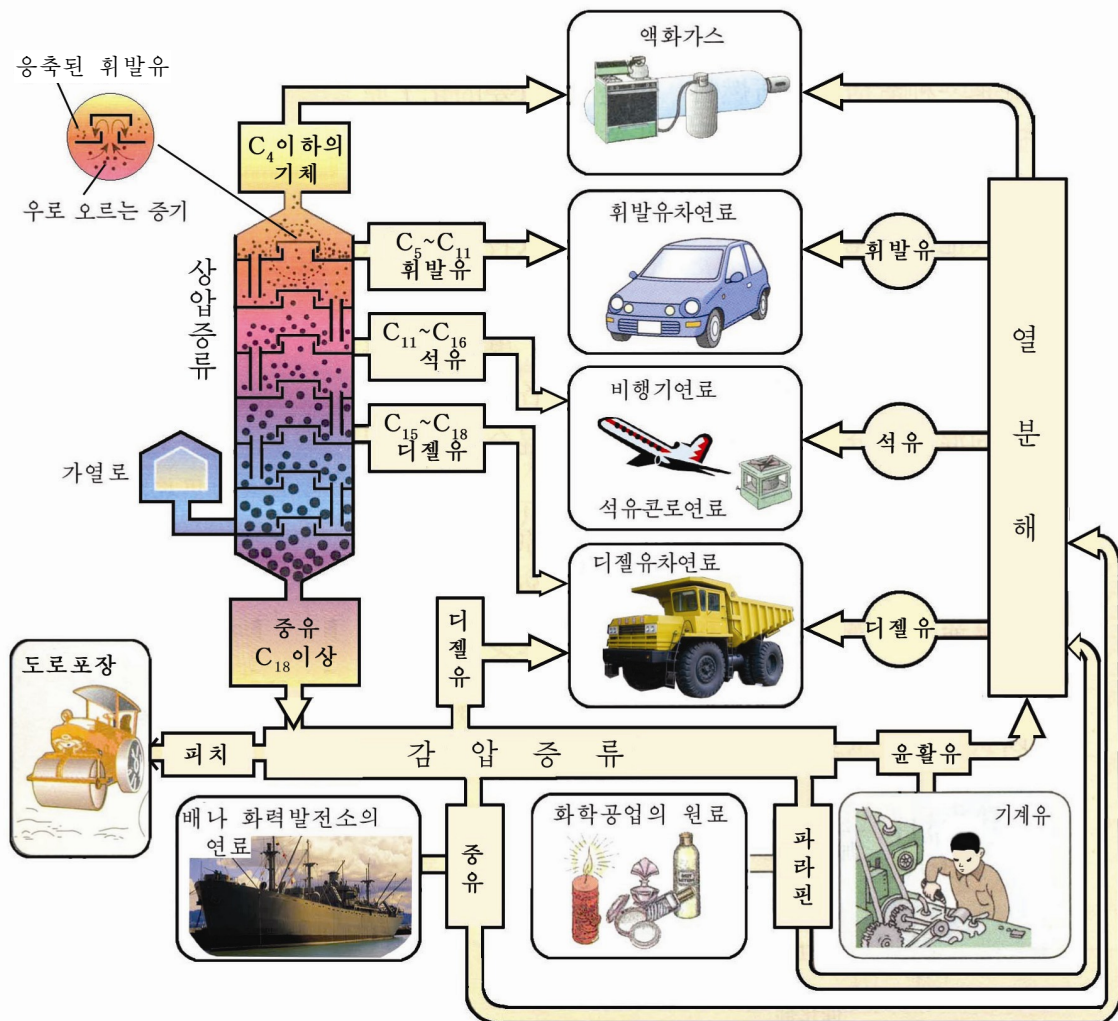



그림 4-42. 원유의 증류와 그 제품

열분해. 원유를 증류할 때 40~210℃에서 끓어나오는 탄소원자수가 5~15개인 액체탄화수소들의 혼합물을 나프사라고 부른다.

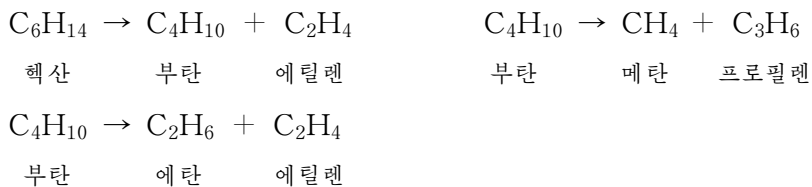
나프사는 열분해원료로 쓰인다.

나프사를 공기없이 높은 온도(850℃이상)로 열주면 탄화수소분자들의 탄소사슬이 끊어지면서 분자량이 더 작은 여러가지 탄화수소들로 분해된다.

례를 들어 헥산은 다음과 같이 분해될수 있다.

$$C_6H_{14} \rightarrow C_4H_{10} + C_2H_4$$
헥산 부탄 에틸렌

$$C_4H_{10} \rightarrow CH_4 + C_3H_6$$
부탄 메탄 프로필렌

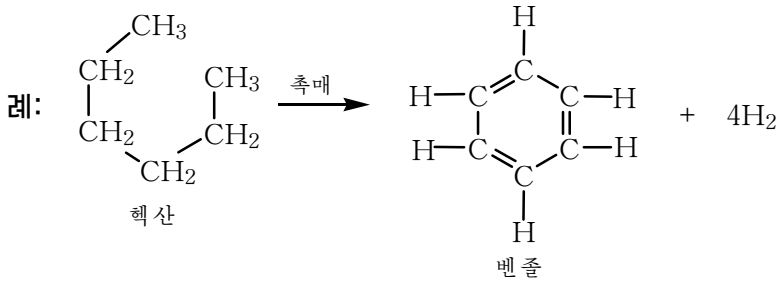
$$C_4H_{10} \rightarrow C_2H_6 + C_2H_4$$
부탄 에탄 에틸렌

열분해에 의하여 얻어지는 에틸렌과 프로필렌과 같은 불포화탄화수소들은 유기합성원료들이다.

ⓘ 에틸렌, 프로필렌으로 어떤 물질들을 만들수 있는가?

갱질화. 촉매가 있는데서 나프사에 높은 온도와 압력을 주면 알칸이 방향족탄화수소로 된다.

례:

$$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3 \xrightarrow{\text{촉매}} \text{(벤졸 고리: 6개의 C-H)} + 4H_2$$

헥산 벤졸

원유를 갱질화하면 휘발유의 질이 좋아질뿐아니라 유기합성제품을 만드는데서 중요한 방향족탄화수소를 얻을수 있다.

휘발유의 질과 옥탄가

자동차의 기관에서 휘발유와 공기의 혼합물이 압축될 때 이따금 파산화물이 생기는데 이것이 폭발적으로 타면서 《탕, 탕》하는 소리를 낸다.

이것을 노킹현상이라고 한다. 휘발유의 노킹은 에네르기가 손실되고 연료를 랑비하며 기관을 못쓰게 만든다.

노킹현상은 휘발유의 질이 낮기때문에 나타난다.

휘발유속에 있는 노르말알칸이 연소될 때에는 노킹현상이 자주 나타나며 방향족탄화수소와 이소알칸이 연소될 때에는 쉽게 노킹을 일으키지 않는다.

실험에 의하면 노르말헵탄의 노킹정도가 가장 크고 이소옥탄의 노킹정도가 가장 작다.

노킹정도는 옥탄가로 평가한다. 노르말헵탄의 옥탄가를 0으로, 이소옥탄의 옥탄가를 100으로 정하였다.

옥탄가가 높을수록 노킹현상이 적게 나타나며 휘발유의 질이 좋다.

휘발유에 벤졸을 첨가하면 휘발유의 질이 높아진다.

원유를 가공할 때 얻어지는 에틸렌, 프로필렌과 같은 불포화탄화수소들과 방향족탄화수소를 출발원료로 하여 합성섬유, 합성수지, 합성고무, 물감, 의약품 등 여러가지 화학제품을 만드는 공업은 석유화학공업이다. 그리고 원유로부터 각종 연료와 석유화학공업의 원료를 얻는 공업은 원유가공공업이다.

우리 나라에는 원유가공공업과 석유화학공업기지들이 훌륭히 꾸려져 여기에서 질좋은 연료와 함께 아닐론섬유, 폴리에틸렌수지, 폴리프로필렌수지, 알콜을 비롯한 여러가지 제품들을 생산하고있다.

문제

1. 빈칸에 알맞는 글을 써넣어라.

ㄱ) 공기가 없는데서 센 열을 주어 석탄을 ____시키는것을 ____라고 부른다.

ㄴ) 원유의 가공은 여러가지 탄화수소들의 ____차를 리용하는 ____로부터 시작된다.

ㄷ) 공기가 없는데서 높은 온도로 열주어 탄소사슬을 작게 만드는것은 석탄 ____와 나프사____의 같은 점이다. 석탄____는 ____상태의 석탄, 나프사____는 ____상태의 혼합물을 원료로 한다는 다른 점이 있다.

2. 정확한것을 선택하여라.

1) 다음의 물질들가운데서 일정한 끓음점이 없는것은 ( )이다.

ㄱ) 1-헥센 ㄴ) 벤졸 ㄷ) 휘발유 ㄹ) 이소부탄

2) 다음 물질들가운데서 순수한 물질은 ( )이다.

ㄱ) 아세틸렌 ㄴ) 석탄 ㄷ) 휘발유 ㄹ) 옥탄 ㅁ) 원유

3. 석탄건류와 원유증류의 다른 점은 무엇인가?

4. 원유가공에서 증류와 갱질화의 다른 점은 무엇인가?

5. 석탄건류와 석탄을 가스화할 때 생성물에서의 다른 점은 무엇인가?

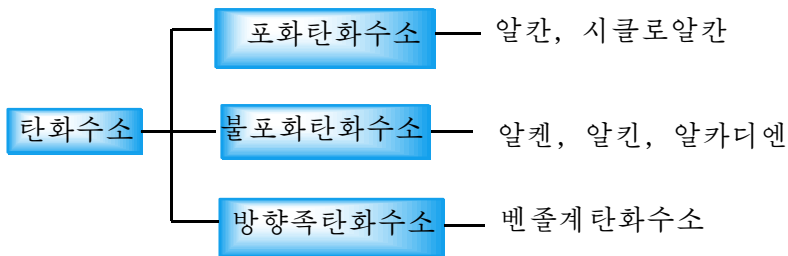
장 종 합

1. 유기화합물의 구조특징

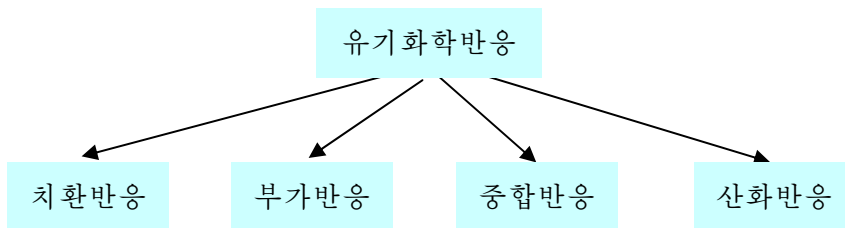
① 유기화합물분자에서 탄소의 원자가는 언제나 4가이다.

② 탄화수소분자에서 모든 결합은 다 공유결합이다.

③ 탄소원자들사이에는 단결합을 이룰수도 있고 2중결합 또는 3중결합도 이룰수 있다.

2. 탄화수소의 분류

3. 구조와 성질

결합의 분류	물질	기본반응	공통성질
단결합	메탄, 에탄(알칸)	치환반응	연소
2중결합	에틸렌, 부타디엔	부가, 산화, 중합반응	
3중결합	아세틸렌	부가, 산화, 중합반응	
6π전자구조 (방향성구조)	벤졸	치환반응, 부가반응	

4. 유기화합물의 반응류형

5. 동족렬과 동족체

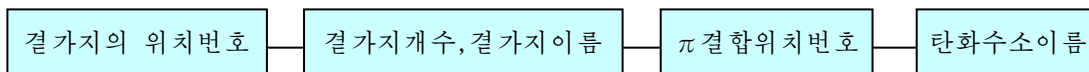
동족렬—구조와 화학성질이 비슷하며 분자조성을 하나의 일반식으로 쓸수 있는 화합물들의 무리

동족체—동족렬에 속하는 하나하나의 물질

탄화수소의 동족렬	일반식
메탄동족렬	C_nH_{2n+2}
에틸렌동족렬	C_nH_{2n}
아세틸렌동족렬	C_nH_{2n-2}
부타디엔동족렬	C_nH_{2n-2}
벤졸동족렬	C_nH_{2n-6}

6. 이성현상과 이성체

이성현상	이성체
사슬이성현상	n-부탄, i-부탄
위치이성현상	1-부텐, 2-부텐
립체이성현상 (시스-트란스이성현상)	시스-2-부텐, 트란스-2-부텐

7. 열린사슬탄화수소의 이름부르기 및 쓰기

마지막글자; 알칸 《안》
알켄 《엔》
알킨 《인》
알카디엔 《디엔》

8. 에틸렌, 아세틸렌, 디엔 알아내기

π결합이 있으므로 Br_2, $KMnO_4$과 반응하여 색을 변화시킨다.(그림 4-19, 4-20 참고)

9. 두 탄소원자사이에 σ결합은 오직 한개밖에 없다.

H, H, σ, π, σ, C, C, σ, σ, H, H

H—C≡C—H (σ, π, σ, σ)

복습문제

1. 빈칸에 알맞는 글을 써넣어라.

ㄱ) CH_3CH_3, $CH_3CH=CH_2$, $CH_3CH_2C\equiv CH$, $CH_3C\equiv CCH_3$, C_6H_6, C_6H_{12}가운데서 서로 동족체인것은 ____이며 서로 이성체인것은 ____이다.

ㄴ) 1mol의 C_2H_6, 1mol의 C_2H_4, 1mol의 C_2H_2을 각각 완전연소시킬 때 산소가 가장 많이 드는것은 ____이고 물이 가장 많이 생기는것은 ____이다.

2. 다음 문장들가운데서 틀린것을 찾아라.

ㄱ) 원소의 종류가 같고 구조가 다른 화합물은 서로 이성체이다.

ㄴ) 어떤 유기화합물이 완전히 연소되여 이산화탄소와 물을 만들었다면 이 물질에는 꼭 탄소, 수소, 산소 3가지 원소가 들어있다고 말할수 있다.

ㄷ) 메탄과 염소의 혼합기체는 빛이 있을 때 반응하여 염화메틸과 염화수소를 만든다.

ㄹ) 에틸렌과 브롬의 부가반응생성물의 시성식은 꼭 $\underset{Br}{\underset{|}{CH_2}}-\underset{Br}{\underset{|}{CH_2}}$ 로 써야 한다.

ㅁ) 석유는 여러가지 탄화수소들의 혼합물이다.

ㅂ) 일반식이 같은 유기화합물은 서로 동족체이다.

3. 에탄, 에틸렌, 아세틸렌이 있다.

ㄱ) 이것들은 분자구조에서 어떻게 다른가?

ㄴ) 성질에서의 다른 점을 설명하여라.

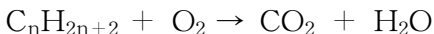
ㄷ) 이 기체들을 서로 가려보는 화학적방법을 설명하여라.

4. 기체물질 CH_4, C_2H_2, C_2H_6, C_3H_6, C_3H_8, C_4H_6이 있다.

ㄱ) 매 물질의 이름과 구조식을 쓰라.

ㄴ) 이 기체물질들을 브롬수에 통과시킬 때 브롬의 색을 없애는 물질은 어느것인가? 리유를 설명하여라.

5. 알칸의 연소반응의 일반식은 다음과 같이 쓸수 있다.

$C_nH_{2n+2} + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$

ㄱ) 이 일반식의 결수를 맞추어라.

ㄴ) n=6인 알칸의 완전연소반응식을 쓰라.

ㄷ) 알칸 1mol의 연소에 필요한 공기의 체적을 t℃, xMPa에서 계산하여라.(산소는 공기속에 체적으로 20% 있다고 보라.)

6. 어떤 알켄 1g이 5% 브롬수 38g의 색을 없애버렸다.

ㄱ) 이 알켄이 대칭노르말구조를 가졌다는것을 알고 알켄의 구조식을 결정하여라.

ㄴ) 알켄의 가능한 이성체들의 구조식을 모두 쓰고 일반이름으로 불러보아라.

ㄷ) 어떤 생성물이 몇g 생기는가?

7. 2.24L들이 그릇에 0℃, 1MPa로 채운 산소로 0.1mol의 탄화수소기체를 연소시켰다. 생긴 기체혼합물을 $CaCl_2$을 채운 관속으로 통과시키고 처음의 그릇에 모았더니 그릇안의 압력은 0℃에서 0.85MPa이였다. 이것을 다시 고체가성소다가 있는 관으로 통과시키고 처음그릇에 모았더니 0.55MPa이였다.

ㄱ) 소비된 산소의 물질량은 얼마인가? (답. 0.45mol)

ㄴ) 생긴 CO_2의 물질량은 얼마인가? (답. 0.3mol)

ㄷ) 이 탄화수소의 분자식과 구조식을 쓰라.

8. 순도가 95%인 카바이드 1t으로부터 염화비닐을 몇kg 얻을수 있는가?

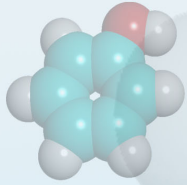
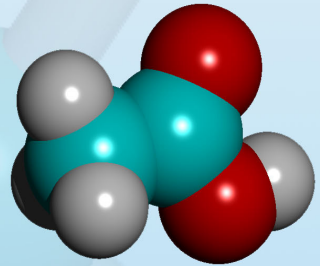
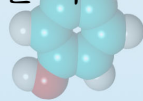
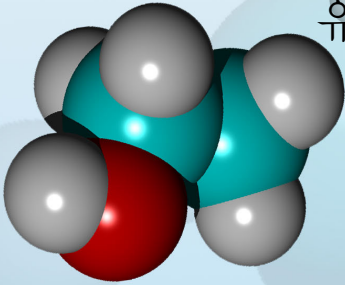
(답. 927.7kg)

9. 에틸렌과 부타디엔의 화학성질에서 같은 점과 다른 점은 무엇인가?

10. 어떤 벤졸동족체 1mol을 완전연소시킬 때 10.5mol의 산소가 소비되였다. 이 물질의 분자식을 구하고 가능한 이성체의 구조식을 쓰라.

11. 왜 석탄은 방향족탄화수소를 얻는 중요한 원천이라고 하는가? 공업에서 방향족탄화수소를 얻는 다른 원천은 무엇이며 어떻게 얻는가?

12. 아세틸렌은 우리 나라 화학공업을 주체적으로 발전시키는데서 매우 중요한 물질이다. 왜 그런가?

탄화수소의 유도체

알콜
페놀, 농약
알데히드, 케톤
카르본산
니트로화합물과 아민
유기화합물의 특성과 분류

제5장. 탄화수소의 유도체

염화메틸(CH_3Cl)이나 초산알데히드(CH_3CHO), 니트로벤졸($C_6H_5NO_2$), 안식향산(C_6H_5COOH) 등에는 탄소, 수소원소외에 할로겐, 산소, 질소원소가 들어있다.

탄화수소의 수소원자가 다른 원자나 원자단으로 갈리운 화합물을 **탄화수소의 유도체**라고 부른다.

알콜, 식초, 아스피린, 물감, 향료, 폭발물 등 우리 생활의 이모저모에서 볼수 있는 많은것들은 탄화수소의 유도체이다.

제1절. 알 콜

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《우리 나라에는 석회석이 얼마든지 있습니다. 이것을 가지고 카바이드를 생산하여 알콜을 뽑는수밖에 없습니다. 우리는 앞으로도 계속 우리의 자원과 실정에 맞게 이 카바이드방향을 견지하여야 합니다.》

위대한 수령님과 위대한 장군님께서는 경제건설과 인민생활에서 알콜의 중요성을 헤아리시고 우리 나라의 실정에 맞는 알콜생산방향과 방도를 밝혀주시였다.

에틸알콜 C_2H_5OH

에틸알콜은 우리 생활에서 흔히 보는 유기물질의 하나이다.

소주, 맥주, 막걸리에는 다 에틸알콜이 포함되여있다.

에틸알콜은 78.4℃에서 끓는 색이 없고 향기로운 냄새가 나는 투명한 액체이다.

에틸알콜은 물보다 가볍고(밀도 0.789g/cm^3) 쉽게 휘발한다.

에틸알콜은 많은 종류의 유기물질과 무기물질을 용해시킬수 있으며 물과는 임의의 비로 서로 용해된다.

※ 요드팅크는 에틸알콜에 요드를 5~10% 되게 용해시킨것이다.

주류속의 알콜함량 표 5-1

주류	에틸알콜함량/체적%
막걸리	5~7
맥주	3~5
포도주	6~15
소주	25

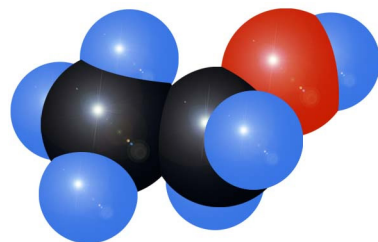



그림 5-1. 에틸알콜의 분자모형

구조. 에틸알콜의 분자식은 C_2H_6O이다.

1. 가설

   에틸알콜의 분자식이 C_2H_6O이므로 가능한 구조식은 2가지 즉 _____이다.

2. 실험측정결과

   일정한 량의 에틸알콜과 나트리움이 완전히 반응할 때 나오는 수소기체의 체적은 표준조건에서 다음과 같다.

에틸알콜/g	수소/L
1.15	0.28
2.3	0.56
4.6	1.12

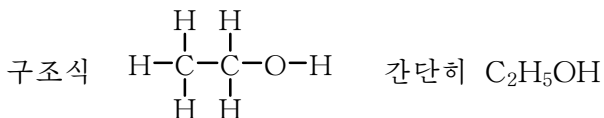
3. 실험결과분석

   ① 1mol의 에틸알콜과 나트리움이 완전히 반응할 때 ____mol의 수소기체가 생기며 이것은 ____mol의 수소원자에 해당한다.

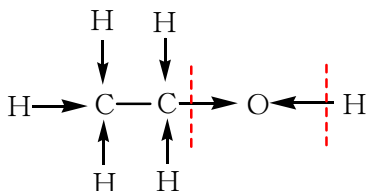
   ② 1mol의 에틸알콜에 존재하는 반응성이 큰 수소원자는 ____mol이다.

4. 결론

   에틸알콜분자의 구조식은 ______이다.

```
        H  H
        |  |
구조식  H—C—C—O—H     간단히 C2H5OH
        |  |
        H  H
```

여기서 원자단 -OH를 **히드록실기**라고 부른다.

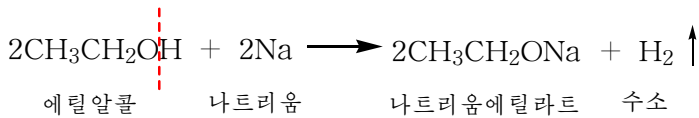
에틸알콜은 에탄의 수소원자 하나가 히드록실기로 갈리운 탄화수소의 유도체이다.

에틸알콜분자에는 전기음성도가 큰 산소원소가 있다.

Ⓟ 전기음성도차로부터 결합의 극성이 제일 큰것은 어느것인가?

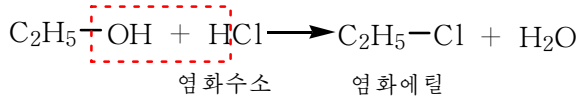
에틸알콜은 탄소수가 같은 에탄과는 달리 반응성이 크며 H^+, OH^-가 떨어지는 여러가지 반응을 일으킨다.

금속나트리움과의 반응. 에틸알콜은 나트리움과 반응하여 알콜라트(알콜의 염)와 수소기체를 낸다. 이때 히드록실기의 수소원자가 나트리움원자로 치환된다.

$$2CH_3CH_2OH + 2Na \longrightarrow 2CH_3CH_2ONa + H_2\uparrow$$

에틸알콜　　나트리움　　나트리움에틸라트　　수소

ⓘ 물도 나트리움과 반응하여 수소기체를 내보낸다. 알콜과 물의 구조를 비교하고 비슷한 점을 이야기하여라.

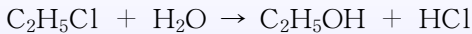
할로겐화수소와의 반응. 에틸알콜에 염화수소(브롬화수소)기체를 작용시키면 히드록실기가 염소원자로 치환된다.

$$C_2H_5-OH + HCl \longrightarrow C_2H_5-Cl + H_2O$$

염화수소　　염화에틸

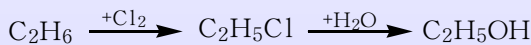
염화에틸은 반응성이 크므로 유기합성의 중간물질로서 여러가지 유기물질을 만드는데 리용된다. 병원에서는 마취제로 쓴다.

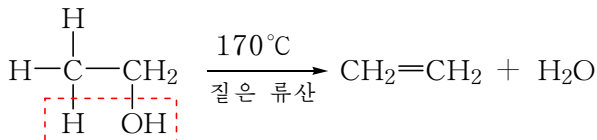
염화에틸 CH_3CH_2Cl

염화에틸분자에서 C−Cl 공유결합전자쌍은 전기음성도가 큰 염소원자쪽으로 쏠려있다. 그러므로 염소원자는 다른 음이온에 의해 치환될수 있다.

$$C_2H_5Cl + H_2O \rightarrow C_2H_5OH + HCl$$

이 반응은 에틸알콜과 염화수소와의 반응보다 더 잘 일어난다.

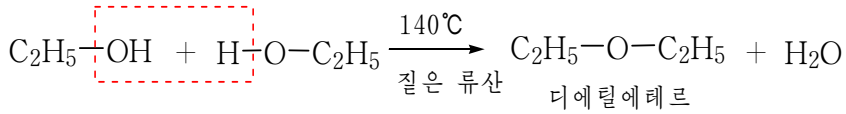
에탄으로부터 에틸알콜은 직접 만들수 없다. 반드시 반응성이 큰 염화에틸(할로겐화알킬)을 거쳐야 한다.

$$C_2H_6 \xrightarrow{+Cl_2} C_2H_5Cl \xrightarrow{+H_2O} C_2H_5OH$$

탈수반응. 짙은 류산이 있는데서 에틸알콜을 160~170℃이상으로 가열하면 에틸알콜 한 분자에서 물이 떨어지면서 에틸렌이 생긴다.

$$H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{OH}{CH_2} \xrightarrow[\text{짙은 류산}]{170℃} CH_2{=}CH_2 + H_2O$$

우의 반응에서와 같이 한 분자에서 물(또는 암모니아, 할로겐화수소 등)이 떨어지면서 불포화화합물이 생기는 반응을 **탈리반응**이라고 부른다.

ⓘ 에틸알콜이 탈수되여 에틸렌이 생긴다는것을 어떻게 알수 있는가?

에틸알콜과 짙은 류산의 혼합물에 140℃정도로 열을 주면 알콜 두 분자에서 물 한 분자가 떨어진다. 이때 에테르가 생긴다.

$$C_2H_5-OH + H-O-C_2H_5 \xrightarrow[\text{짙은 류산}]{140℃} C_2H_5-O-C_2H_5 + H_2O$$

디에틸에테르

디에틸에테르는 병원에서 마취제로 쓰인다.

이처럼 에틸알콜의 탈수반응은 반응조건에 따라 다르게 일어나며 생성물도 다르다.

에테르

디에틸에테르는 쉽게 휘발하는 액체이다. 특이한 냄새가 난다. (녹음점 -116.3℃, 끓음점 34.6℃)

물보다 가볍고 물에 적게 용해된다. 유기용매로서 식물에서 색소, 향료성분들을 추출하는데도 쓰인다.

증기는 쉽게 불붙으며 공기중에 1.9~36.8%(체적으로) 섞여있을 때 불꽃에 의해 폭발한다.

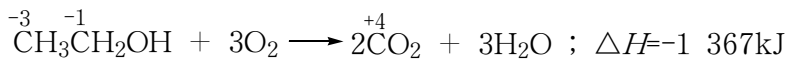
때문에 에테르를 다룰 때 주의해야 한다.

일반적으로 R-O-R´ 의 구조를 가지는 물질을 에테르라고 한다.

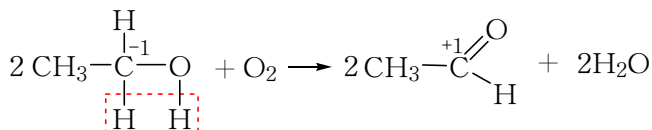
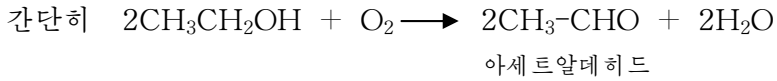
여기서 R, R´ 는 탄화수소기이다.

? 에틸알콜로부터 염화에틸, 에틸렌, 에테르가 생기는 반응은 에틸알콜분자에서 어느 결합이 끊어지면서 일어나는가?

산화반응. 에틸알콜은 공기중에서 파란 불길을 내면서 탄다. 이때 많은 열을 낸다.

$$\overset{-3}{C}H_3\overset{-1}{C}H_2OH + 3O_2 \longrightarrow 2\overset{+4}{C}O_2 + 3H_2O \ ; \ \Delta H=-1\ 367kJ$$

에틸알콜은 동이나 은촉매가 있는데서 공기중의 산소에 의하여 산화된다. 이때 아세트알데히드가 생긴다.

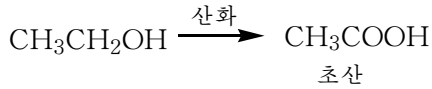
$$2\,CH_3-\underset{H}{\overset{H}{\overset{|}{\underset{|}{\overset{-1}{C}}}}}-\underset{H}{\underset{|}{O}} + O_2 \longrightarrow 2\,CH_3-\overset{+1}{C}\begin{matrix}{\nearrow}O\\ \searrow H\end{matrix} + 2H_2O$$

간단히 $2CH_3CH_2OH + O_2 \longrightarrow 2CH_3\text{-}CHO + 2H_2O$

아세트알데히드

? 에틸알콜분자에서 -OH기의 이웃에 있는 C-H결합이 에탄에서보다 쉽게 끊어지겠는가?

에틸알콜은 또한 과망간산칼리움이나 중크롬산칼리움의 산성용액속에서 최종적으로 초산으로 산화된다.

$$CH_3CH_2OH \xrightarrow{\text{산화}} CH_3COOH$$

초산

알콜과 건강

술이 인체에 미치는 영향. 술을 마시면 몸안에 들어간 에틸알콜이 효소촉매의 작용으로 아세트알데히드를 거쳐 초산으로 산화된다.

초산은 세포에 활력을 준다. 적당한 량의 술을 마시면 건강에 좋지만 지나치게 많이 마시면 효소의 활성을 떨어뜨린다.

또한 많은 량의 에틸알콜과 아세트알데히드는 신경계통을 자극하고 뇌세포가 화학변화를 일으켜 뇌세포막이 굳어지게 하는 등 나쁜 작용을 하며 알콜중독을 일으킨다.

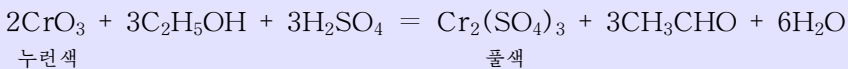
그러므로 특히 청소년시기에는 술을 절대로 마시지 말아야 한다.

알콜분석기. 술을 마셨는가를 알아보는 분석기안에는 류산과 산화크롬(CrO_3)을 흡수시킨 규산겔이 있다. 색갈은 누런색이다.

사람이 술을 마시면 에틸알콜이 페안에도 들어가는데 호흡할 때 에틸알콜분자가 튀여나와 규산겔에 흡착된다.

이때 CrO_3은 $Cr_2(SO_4)_3$으로 환원되여 풀색으로 되며 에틸알콜은 아세트알데히드로 산화된다.

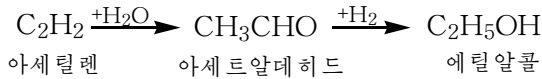
$$2CrO_3 + 3C_2H_5OH + 3H_2SO_4 = Cr_2(SO_4)_3 + 3CH_3CHO + 6H_2O$$

누런색 풀색

이처럼 에틸알콜은 탄소수가 같은 탄화수소와 구별되는 독특한 성질을 가진다.

이것은 에틸알콜분자안에 -OH기가 있기때문이다.

히드록실기와 같이 그 물질의 화학성질을 기본적으로 규정하는 원자나 원자단을 기능원자단이라고 부른다.

에틸알콜은 아세틸렌을 원료로 하여 화학적방법으로 만든다.

$$C_2H_2 \xrightarrow{+H_2O} CH_3CHO \xrightarrow{+H_2} C_2H_5OH$$

또한 에틸알콜은 낟알이나 과실을 원료로 생물학적인 방법으로 발효시켜 얻는다. 이 방법은 주로 소주를 만들 때 리용된다.

참 고 　　　발 효

미생물에 의하여 유기화합물이 분해되는 현상을 발효라고 부른다.

발효에 의하여 사람들에게 필요한 물질들이 만들어진다.

젖산발효－젖산균에 의하여 일어나는 발효이다. 아미노산이 분해되여 젖산이 생긴다. 젖산발효에 의하여 콩이나 우유로부터 요그르트, 산유 등 젖제품을 만든다.

알콜발효－효모균에 의하여 일어나는 발효이다. 포도당이 분해되여 에틸알콜이 생긴다. 알콜발효에 의하여 낟알이나 과일로부터 소주, 포도주, 막걸리 등 주류를 만든다.

에틸알콜의 용도를 그림 5-2에 주었다.

그림 5-2. 에틸알콜의 용도

알콜

에틸알콜과 같이 탄화수소의 수소원자가 히드록실기로 갈리운 탄화수소의 유도체를 **알콜**이라고 부른다.

참 고 　　알콜의 분류

-OH기의 개수에 따라 1가알콜, 2가알콜, 3가알콜, …, 다가알콜로 나누며 탄화수소기의 종류에 따라 포화알콜, 불포화알콜, 방향족알콜로 나눈다. 또한 -OH기와 결합된 탄소원자의 급수에 따라 1급알콜, 2급알콜, 3급알콜로 나누기도 한다.

CH_3CH_2OH 　　포화1가알콜, 1급알콜

$CH_3-CH(OH)-CH_2(OH)$ 　　포화2가알콜

$CH_2=CH-CH_2-OH$ 　　불포화알콜

$C_6H_5-CH_2-OH$ 　　방향족알콜

알콜가운데서 알칸분자의 수소원자 하나가 히드록실기로 갈리운 화합물을 알카놀이라고 한다.

알카놀의 일반식 $C_nH_{2n+1}OH$ 　간단히 ROH

몇가지 알카놀의 물리성질 　　표 5-2

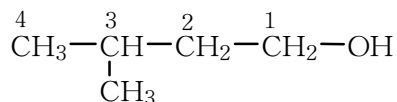
화학식	습관이름	일반이름	녹음점/℃	끓음점/℃	밀도/g·cm^{-3}
CH_3OH	메틸알콜	메타놀	-97.8	64.7	0.792 4
CH_3CH_2OH	에틸알콜	에타놀	-114.3	78.4	0.789
$CH_3CH_2CH_2OH$	프로필알콜	1-프로파놀	-127.0	97.2	0.804
$CH_3CH_2CH_2CH_2OH$	부틸알콜	1-부타놀	-89.5	117.7	0.809 7
$CH_3(CH_2)_3CH_2OH$	아밀알콜	1-펜타놀	-78.5	138.0	0.814

? 알카놀의 이름은 어떻게 부르는가?(표 5-2 참고)

? 알카놀에서는 어떤 이성현상이 나타나겠는가?

례 1: $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_2-CH_2-OH$ 의 일반이름을 불러보아라.

풀이. ① OH기가 결합된 탄소원자를 포함하는 가장 긴 탄소사슬을 찾고 탄소원자우에 번호를 붙인다. 이때 기능원자단을 가진 탄소가 될수록 작은 번호를 가지도록 한다.

$$\overset{4}{CH_3}-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{\overset{3}{CH}}}-\overset{2}{CH_2}-\overset{1}{CH_2}-OH$$

② 가장 긴 탄소사슬의 탄소원자수에 해당한 알콜의 이름을 부른다.
알칸의 이름뒤에 《올》을 붙인다.

부탄+올 → 부타놀

③ OH기의 위치를 앞에 쓰고 짧은 선으로 련결해준다.

1-부타놀

④ 곁가지의 위치와 이름부르는 방법은 탄화수소에서와 같다.
그러므로 이 물질의 이름은 3-메틸-1-부타놀

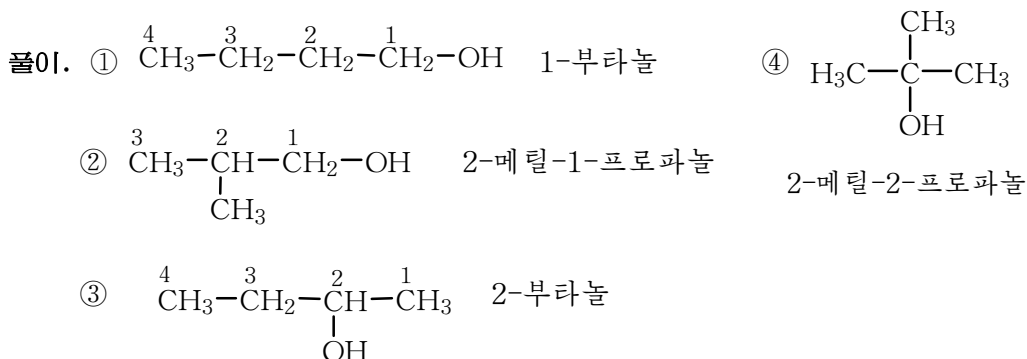
의미: 부타놀의 세번째 탄소원자에 메틸기가 있으며 히드록실기는 첫번째 탄소원자에 있다.

례 2: 부타놀 C_4H_9OH의 가능한 이성체들을 찾고 이름을 부르라.

풀이. ① $\overset{4}{CH_3}-\overset{3}{CH_2}-\overset{2}{CH_2}-\overset{1}{CH_2}-OH$ 1-부타놀

② $\overset{3}{CH_3}-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{\overset{2}{CH}}}-\overset{1}{CH_2}-OH$ 2-메틸-1-프로파놀

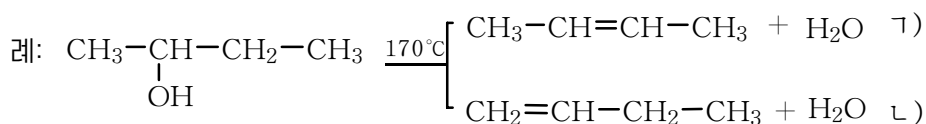
③ $\overset{4}{CH_3}-\overset{3}{CH_2}-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{\overset{2}{CH}}}-\overset{1}{CH_3}$ 2-부타놀

④ $H_3C-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}}}-CH_3$ 2-메틸-2-프로파놀

례 2에서 ①과 ②, ③과 ④는 사슬이성체이며 ①과 ③, ②와 ④는 위치이성체이다. 그리고 ①과 ②는 포화1가1급알콜이며 ③은 포화1가2급알콜, ④는 포화1가3급알콜이다.

알카놀은 분자안에 히드록실기를 가지고있으므로 에틸알콜과 비슷한 성질을 가진다.

(?) 프로파놀과 금속나트리움과의 반응을 화학반응식으로 쓰라.

짙은 류산이 있는데서 알카놀을 170℃이상으로 열을 주면 알켄이 생긴다.

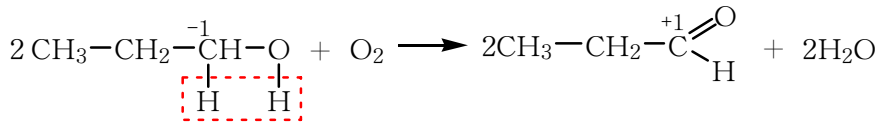
례: $CH_3-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}-CH_2-CH_3 \xrightarrow{170℃}$
$CH_3-CH=CH-CH_3 + H_2O$ ㄱ)
$CH_2=CH-CH_2-CH_3 + H_2O$ ㄴ)

반응은 주로 ㄱ)의 방향으로 일어난다.

탈수반응에서는 히드록실기가 있는 탄소원자의 이웃탄소원자들가운데서 수소를 보다 적게 가지고있는 탄소원자에서 수소가 떨어진다.(탈리규칙)

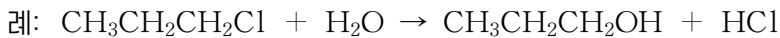
Ⓟ 1-프로파놀과 질은 류산의 혼합물에 140℃정도로 열을 주면 어떤 생성물이 생기는가?

에틸알콜과 비슷하게 알카놀은 산화된다.

이때 1급알콜은 알데히드로, 2급알콜은 케톤으로 산화된다.

$$2\,CH_3-CH_2-\overset{-1}{\underset{|}{C}}H-\underset{|}{O}(H)(H) + O_2 \longrightarrow 2CH_3-CH_2-\overset{+1}{C}{\overset{\displaystyle O}{\diagup\!\!\diagup}}{\underset{\displaystyle H}{\diagdown}} + 2H_2O$$

※ 알데히드의 구조 $R-C(=O)-H$ 케톤의 구조 $R-\underset{\displaystyle \| \atop O}{C}-R'$

알카놀은 할로겐화알킬에 물을 작용시켜 만든다.

례: $CH_3CH_2CH_2Cl + H_2O \rightarrow CH_3CH_2CH_2OH + HCl$

메틸알콜(메타놀)은 우리 나라에 많은 갈탄을 원료로 하여 만든다.

갈탄을 550~650℃에서 건류할 때 얻어지는 콕스를 가스화하여 CO와 H_2을 얻는다.

이것을 ZnO와 Cr_2O_3으로 이루어진 촉매가 있는데서 300~400℃, 20MPa에서 반응시키면 메틸알콜이 얻어진다.

메틸알콜은 64.7℃에서 끓는 색이 없는 액체이다.

메틸알콜은 여러가지 유기물질을 잘 용해시키는 성질이 있으므로 유기용매로 쓰이며 포름알데히드를 비롯한 유기물질합성에 쓰인다.

특히 탄소하나화학공업의 귀중한 원료이다.

메틸알콜은 독성이 강하다.
특히 눈신경에 센 작용을 하므로 5~10mL만 먹어도 눈이 멀고 그 이상 먹으면 생명까지 위험하다.

참고 **탄소하나화학공업**

탄소하나화학공업(C_1화학공업)이란 CO, CO_2, CH_3OH와 같이 탄소가 한개인 화합물로부터 탄소가 둘이상인 유기화합물을 만드는 공업을 말한다. C_1화학은 쓸모가 적거나 버리던 물질로부터 귀중한 합성제품을 생산하는 새로운 분야이다.

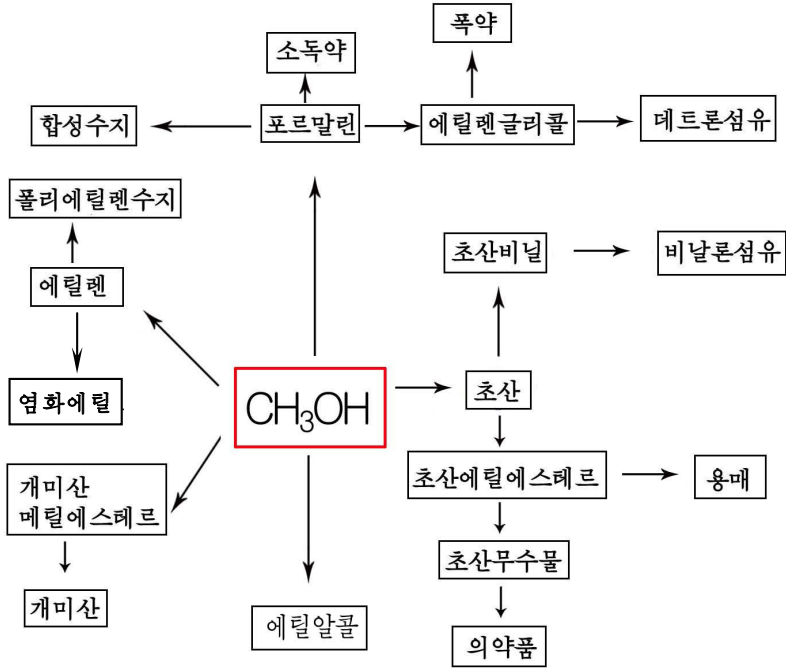



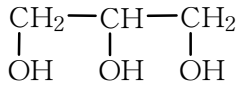
그림 5-3. 메틸알콜에 기초한 탄소하나화학공업

글리세린은 단맛을 가진 걸죽한 액체로서 습기를 잘 빨아들인다.

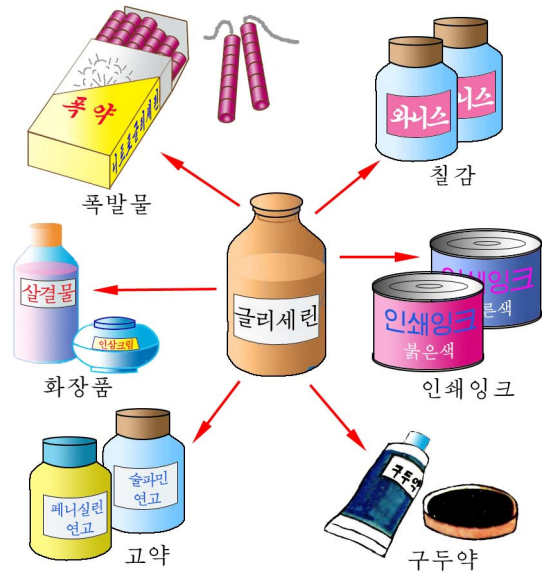
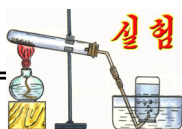
살결물, 크림, 원주필의 약, 구두약 같은데는 다 글리세린이 들어있다.(그림 5-4)

그림 5-4. 글리세린의 용도

글리세린의 구조식

$$\begin{array}{ccccc} CH_2 & - & CH & - & CH_2 \\ | & & | & & | \\ OH & & OH & & OH \end{array}$$

? 글리세린은 어떤 성질을 가지겠는가? 글리세린과 나트리움과의 반응을 화학반응식으로 나타내여라.

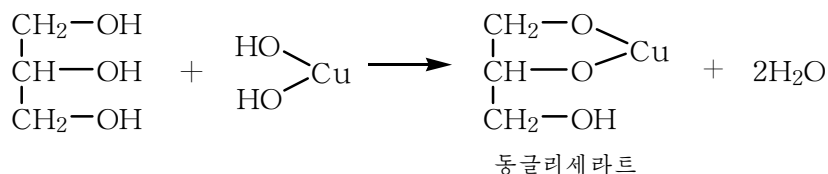
글리세린은 분자안에 히드록실기를 3개 가지고있으므로 알카놀과 다른 성질도 나타낸다.

알카놀은 나트리움과만 반응하여 염을

만들지만 글리세린은 가성소다와는 물론 약한 염기인 수산화동(Ⅱ)과도 반응하여 염을 만든다.

글리세린과 수산화동(Ⅱ)과의 반응

류산동용액과 수산화나트리움용액으로 갓 만든 수산화동(Ⅱ)을 두개의 시험관에 넣고 한 시험관에는 에틸알콜(또는 메틸알콜), 다른 시험관에는 글리세린을 조금씩 넣는다.

두 시험관에서 수산화동의 색이 어떻게 변하는가?

어느 시험관에서 수산화동침전물이 용해되는가?

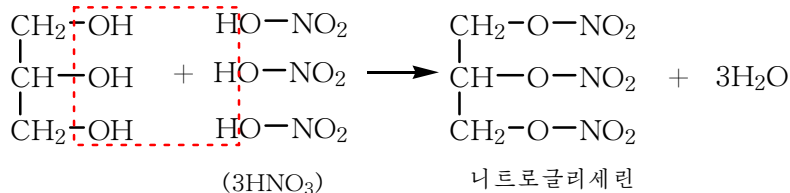
$$\begin{matrix} CH_2-OH \\ | \\ CH-OH \\ | \\ CH_2-OH \end{matrix} + \begin{matrix} HO \\ HO \end{matrix}\!>Cu \longrightarrow \begin{matrix} CH_2-O \\ | \\ CH-O \\ | \\ CH_2-OH \end{matrix}\!>Cu + 2H_2O$$

동글리세라트

이것은 분자안에 히드록실기가 많을수록 -OH기 수소의 반응성이 더 세진다는 것을 말해준다.

이 반응은 수산화동침전물이 글리세린과 반응하면서 맑고 푸른 용액으로 되기때문에 1가알콜과 다가알콜을 갈라보는데 리용된다.

글리세린은 질은 질산과 반응하여 니트로글리세린을 만든다.

$$\begin{matrix} CH_2-OH \\ | \\ CH-OH \\ | \\ CH_2-OH \end{matrix} + \begin{matrix} HO-NO_2 \\ HO-NO_2 \\ HO-NO_2 \end{matrix} \longrightarrow \begin{matrix} CH_2-O-NO_2 \\ | \\ CH-O-NO_2 \\ | \\ CH_2-O-NO_2 \end{matrix} + 3H_2O$$

$(3HNO_3)$ 니트로글리세린

니트로글리세린은 폭발성이 있으므로 폭발물을 만드는데 쓰인다.

폭약과 노벨

글리세린에 질산을 작용시켜 니트로글리세린을 처음(1864년)으로 만든 사람은 이딸리아의 화학자 소프레토이지만 이것을 폭파약으로 처음 리용한 사람은 스웨리예의 화학기사 노벨(1833-1896)이다.

노벨은 조금만 충격을 받아도 폭발하는 위험한 이 니트로글리세린을 다루기 편리하고 위험하지 않는 폭약으로 만들기 위하여 희생을 무릅쓰고 실험을 거듭하였다. 마침내 이것을 규조토와 섞으면 충격에 예민하지 않는 폭약이 얻어진다는것을 발견하고 《다이나마이트》라는 이름을 붙여 1866년에 공포하였다. 또한 노벨은 1884년에 니트로글리세린과 질산섬유소를 섞어서 만든 발사약도 발명하였다.

노벨은 이 원리에 기초하여 15개도 넘는 폭약공장을 세계 여러곳에 세워 운영하여 많은 재산을 얻게 되였다. 그는 그 재산의 리자를 해마다 물리, 화학, 의학, 문학 및 평화운동에 기여한 사람들에게 줄것을 유언하였다.

그리하여 1901년부터 노벨상이 제정되고 과학기술발전에 공헌을 한 사람들에게 이 상이 수여되고있다.

문 제

1. 빈칸에 알맞는 글을 써넣어라.

① 에틸알콜의 조성에는 ____, ____, ____원소가 있으며 시성식은 ____이다. ____이라고도 부른다.

에틸알콜이 공기중에서 연소되는 화학반응식은 ____이다.

② 에틸알콜이 물과 임의의 비로 용해되는것은 ____때문이다.

③ 메틸알콜의 화학식은 ____이고 그것이 공기속에서 연소되는 화학반응식은 ____이다. 메틸알콜은 ____ 있으며 이것을 마시면 눈이 ____ 되며 지어 생명까지 잃을수 있다.

④ 에틸알콜은 탄소수가 같은 에탄보다 녹음점, 끓음점이 ____. 그것은 ____때문이다.

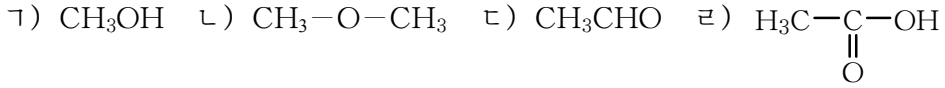
⑤ 에틸알콜과 짙은 류산의 혼합물에 170℃이상의 열을 주면 ____이 생기고 140℃정도의 열을 주면 ____가 생긴다.

____ 한 분자에서 ____이 떨어지면서 ____이 생기는 반응을 에틸알콜의

_____반응이라고 부른다.

2. 옳은것을 선택하여라.

1) 아래 물질들가운데서 알콜에 속하는것은 ( )이다.

ㄱ) CH_3OH ㄴ) CH_3-O-CH_3 ㄷ) CH_3CHO ㄹ) $H_3C-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-OH$

2) 아래 물질들가운데서 주정(에틸알콜)안에 들어있는 수분을 검사할수 있는것은 ( )이다.

ㄱ) 생석회 ㄴ) 석회석 ㄷ) 무수류산동 ㄹ) 무수염화칼시움

3. 아밀알콜 $C_5H_{11}OH$의 모든 이성체들의 구조식을 쓰고 일반이름으로 불러라.

4. 아래 반응과정의 화학반응식을 쓰고 반응조건과 반응류형을 지적하여라.

1) $C_2H_4 \leftrightarrows C_2H_5OH \rightarrow C_2H_5OC_2H_5$

2) $CH_3CHO \leftarrow C_2H_5OH \leftrightarrows C_2H_4 \rightarrow C_2H_5Br$

5. 에틸알콜로부터 염화에틸을 얻을 때 염산이 아니라 염화수소기체를 작용시켜야 한다. 왜 그런가?

6. 에틸알콜에 질은 류산을 넣지 않으면 170℃이상으로 열을 주어도 에틸렌이 생기지 않는다. 또한 140℃로 열을 주어도 에테르가 생기지 않는다.
질은 류산은 어떤 역할을 하는가?

7. 250g의 에틸알콜과 250g의 메틸알콜을 각각 연소시킬 때 필요한 산소(표준조건)는 몇L씩인가? (답. 365.2L, 262.5L)

8. 어떤 유기물질 2.3g을 완전히 연소시킬 때 4.4g의 이산화탄소와 2.7g의 물이 생긴다. 그 물질의 증기밀도는 2.054g/L(표준조건)이다. 그 물질의 분자식을 구하여라.

9. 두개의 병에 에틸알콜과 글리세린이 각각 들어있다. 어느 병에 무슨 알콜이 있는지 어떻게 알아내겠는가?

10. 한 공장에서 매일 8.96×10^4㎥(표준조건)의 에틸렌을 생산하여 알콜을 만든다. 이 에틸렌의 99%가 에틸알콜로 변화된다면 95% 에틸알콜을 몇t 만들수 있는가?

(답. 191.7t)

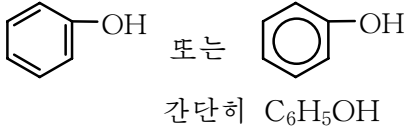
제2절. 페놀, 농약

페놀 C_6H_5OH

벤졸의 수소원자 하나가 히드록실기(-OH)로 갈리운 화합물을 페놀이라고 부른다.

페놀의 구조식

간단히 C_6H_5OH

그림 5-5. 페놀의 분자모형

페놀은 벤졸의 수소원자 하나가 히드록실기로 갈리운 탄화수소의 유도체이다.

페놀은 소독약냄새가 나는 색이 없는 바늘모양의 결정이며 물에 잘 용해되지 않는다. 페놀은 유독하며 피부를 상하게 한다.

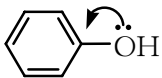
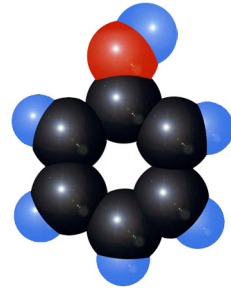
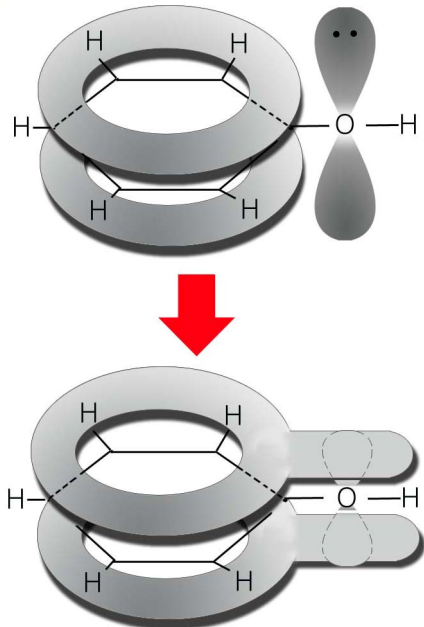
※ 공기속에서 페놀은 흔히 불그스름한 색을 띠고있는데 이것은 페놀의 일부가 산화되기때문이다.

구조. 페놀분자의 구조는 벤졸의 구조와 다르다.

페놀분자의 산소원자에는 비공유전자쌍을 가진 p전자구름이 있다. 이 p전자구름은 벤졸고리의 6π전자구름띠와 겹쳐진다.(그림 5-6)

그림 5-6. 페놀의 π전자구름띠

ⓘ 7개의 원자를 포함하는 페놀의 π전자구름에는 몇개의 전자가 있는가?

결과 산소원자의 비공유전자쌍은 벤졸고리쪽으로 쏠리므로 벤졸고리에서의 전자밀도는 벤졸에서보다 크다. 그리고 산소원자에서의 전자밀도는 알콜에서보다 작다.

※ 굽은 화살표(↶)는 π전자의 쏠림을 나타낸다.

? 분자구조로 보아 페놀은 어떤 성질을 가지겠는가?

산성. 페놀은 분자안에 히드록실기를 가지고있으므로 알콜과 비슷한 성질을 가진다. 페놀은 나트리움과 반응하여 페놀라트(페놀의 염)를 만든다.

? 페놀과 나트리움과의 반응을 화학반응식으로 나타내여라.

페놀은 알콜과 달리 가성소다와도 반응하여 염을 만든다.

페놀의 산성

두개의 시험관에 물과 가성소다용액을 각각 4mL씩 넣은 다음 페놀을 조금씩 넣고 흔든다.

어느 시험관에서 페놀이 더 잘 용해되는가를 본다.

$$C_6H_5-OH + NaOH \longrightarrow C_6H_5-ONa + H_2O$$

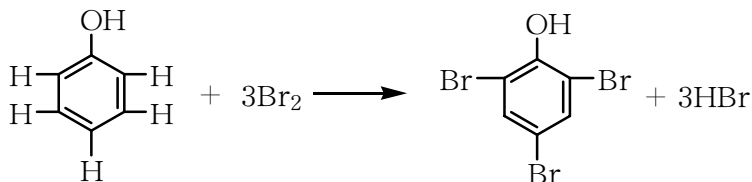
나트리움페놀라트

이것은 페놀이 산성을 나타내기때문이다.

? 페놀이 알콜과 달리 산성을 나타내는 원인을 분자구조로부터 설명하여라.

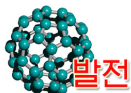
페놀은 매우 약한 산이며 알림약의 색도 변화시키지 못한다.

벤졸고리에서의 치환반응. 페놀에 할로겐(Cl_2, Br_2)이 작용하면 o-, p-자리에 있는 수소원자가 쉽게 할로겐으로 치환된다.

$$C_6H_5OH + 3Br_2 \longrightarrow C_6H_2Br_3OH + 3HBr$$

2,4,6-트리브로모페놀

치환반응은 벤졸에서보다 더 쉽게 일어난다. 그것은 -OH기의 영향으로 벤졸고리의 전자밀도가 커져 시약이 더 쉽게 작용하기때문이다.

페놀은 묽은 질산과도 반응한다.

? o-니트로페놀, p-니트로페놀, 2,4,6-트리니트로페놀(피크린산)이 생기는 반응을 화학반응식으로 나타내여라.

벤졸고리에서의 정위성규칙(1)

$-CH_3$나 $-OH$기는 벤졸고리의 전자밀도를 크게 해주는 활성기이다.

활성기: $-CH_3$, $-\ddot{O}H$, $-\ddot{N}H_2$, $-X(-Cl, -Br, -I)$

벤졸고리에 활성기가 있으면 치환반응은 주로 o-, p-자리에서 일어난다.

페놀은 석탄타르에 있으며 거기에서 갈라낸다. 페놀은 석탄에서 얻어지는 산이라는데로부터 석탄산이라고도 한다.

페놀은 다음과 같은 방법으로 벤졸로부터 얻을수 있다.

$$C_6H_6 \xrightarrow[\text{술폰화}]{\text{짙은 류산}} C_6H_5SO_3H \xrightarrow[290\sim340^\circ C]{\text{NaOH와 녹임}} C_6H_5ONa \xrightarrow{CO_2} C_6H_5OH$$

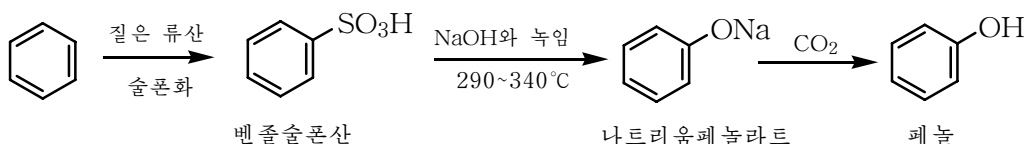
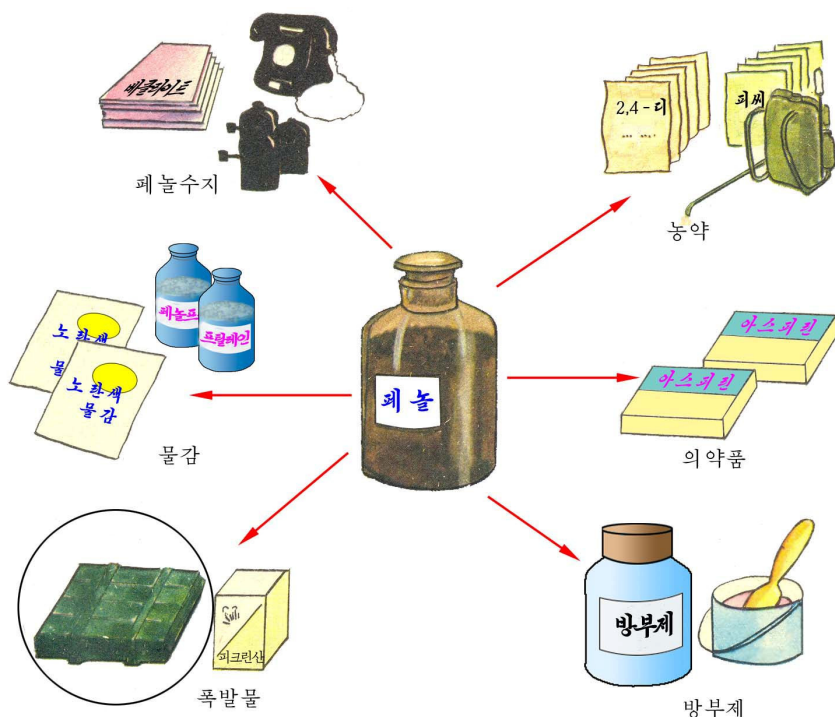
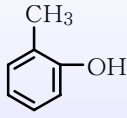
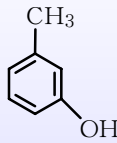
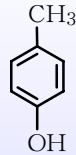
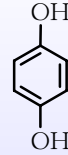
벤졸술폰산　　　나트리움페놀라트　　　페놀

페놀은 합성수지, 농약, 폭발물(피크린산), 물감을 만드는 원료로 쓰이며 유기유리를 붙이는데도 쓰인다.(그림 5-7)

그림 5-7. 페놀의 용도

참 고 페놀류

방향족탄화수소에서 벤졸고리의 수소원자 하나 또는 여러개가 -OH기로 갈리운 화합물을 통털어서 페놀류라고 부른다.

o-크레졸　m-크레졸　p-크레졸　히드로키논

크레졸은 살균작용을 하므로 병원에서 소독약으로 쓰이며 히드로키논은 사진현상약으로 쓰인다.

농약

위대한 령도자 **김정일**대원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

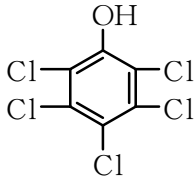
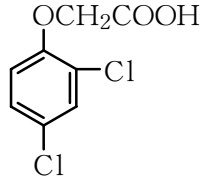
《농촌에 살초제와 여러가지 농약을 많이 생산하여 보내주기 위한 대책도 세워야 하겠습니다.》

위대한 수령님과 위대한 장군님께서는 농업생산에 이바지할수 있는 여러가지 농약들을 생산공급하도록 현명하게 이끌어주시였다.

농약은 쓰는 대상에 따라 살초제, 살충제, 살균제, 성장조절제로 나눈다.

그림 5-8. 농약의 분류

중요한 살초제는 페놀의 유도체인 피씨피와 2,4-디이다.

$$\text{피씨피: } C_6Cl_5OH \qquad \text{2,4-디: } C_6H_3Cl_2OCH_2COOH$$

피씨피　　　　　2,4-디

피씨피는 바늘모양의 흰 결정이며 유기용매에 용해된다.

물에 용해되지 않으므로 피씨피의 나트리움염을 만들어 쓴다.

자외선을 받으면 쉽게 분해되면서 독이 없어진다.

피씨피는 돌피를 없애는데 쓴다. 살에 오래 묻으면 중독을 일으키므로 다 쓴 다음에는 손을 깨끗이 씻어야 한다.

2,4-디는 몹시 냄새가 나는 가루이다. 물에 용해되지 않으므로 나트리움염으로 만들어 쓴다.

2,4-디는 잡초와 같은 넓은잎식물만 골라죽이므로 벼, 밀, 보리에는 해를 주지 않는다.

살충제는 벌레의 몸에 묻거나 벌레가 냄새를 맡을 때 또는 벌레가 약이 묻은 식물을 먹었을 때 죽는 독성물질이다.

도레본은 물코끼리벌레를 비롯한 벼의 해충을 죽이는 살충제이다.

도레본은 38℃에서 녹는 흰 결정성가루이며 물에는 거의 용해되지 않고 클로로포름과 같은 유기용매에 용해된다.

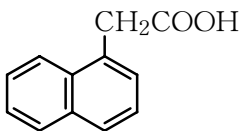
이것은 유탁액을 만들어 벼랭상모판에 친다.

포르말린은 미생물의 단백질을 응고시켜 죽이는 살균제이다.

포르말린은 벼, 밀, 보리와 같은 알곡의 종자소독에 많이 쓰인다.

포르말린을 600배로 묽게 한 용액에 종자를 24h정도 잠그었다가 심는다.

α-나프틸초산은 나프탈린의 초산유도체이다.

$$C_{10}H_7CH_2COOH$$

α-나프틸초산은 생장점과 뿌리끝점에 작용하여 식물이 빨리 자라도록 자극하는 성장촉진제이다.

문 제

1. 빈칸에 알맞는 글을 써넣어라.

1) 벤졸고리의 수소원자 하나가 -OH기로 갈리운 화합물을 ____이라고 부른다. 분자식은 ____이며 구조식은 ____ 혹은 ____로 표시한다. 여기서 ____을 케쿨레구조식이라고 한다.

2) 페놀도 알콜과 마찬가지로 ____과 반응하여 염인 ___를 만든다. 페놀은 알콜과 달리 ____와도 반응하여 염을 만든다. 이것은 페놀이 ____을 나타내기 때문이다.

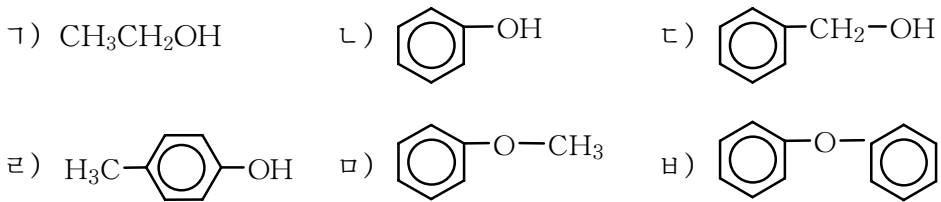
3) -OH기는 벤졸고리의 전자밀도를 ____ 해준다. 그러므로 페놀의 벤졸고리에서의 치환반응은 ____에서보다 더 잘 일어난다.

4) 돌피와 같은 잡초들을 죽이는 ____을 ____라고 하며 농작물에 해를 주는 벌레를 죽이는 ____을 ____라고 한다. 농약에는 이밖에도 ____와 ____가 있다.

2. 정확한것을 선택하여라.

1) 다음 물질들가운데서 페놀류에 속하는것은 ( )이다.

ㄱ) CH_3CH_2OH ㄴ) C_6H_5-OH ㄷ) $C_6H_5-CH_2-OH$

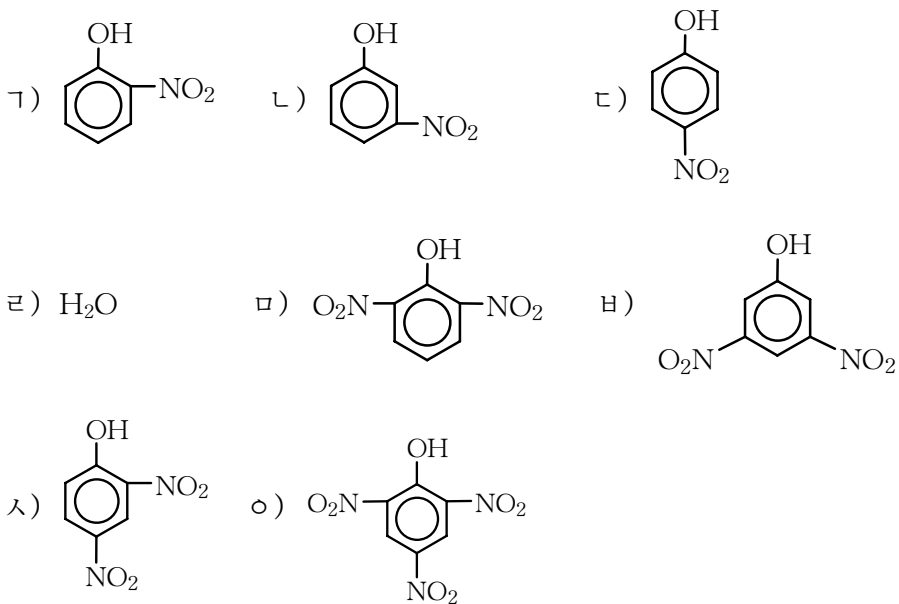
ㄹ) $H_3C-C_6H_4-OH$ ㅁ) $C_6H_5-O-CH_3$ ㅂ) $C_6H_5-O-C_6H_5$

2) 다음 물질들가운데서 가성소다와 반응하는것은 ( )이다.

ㄱ) C_6H_5OH ㄴ) C_2H_5OH ㄷ) HCl ㅁ) C_2H_6

3) 페놀에 질산을 작용시킬 때 생기는 물질은 ( )이다.

ㄱ) OH, NO_2 (o-니트로페놀 구조식) ㄴ) OH, NO_2 (m-니트로페놀 구조식) ㄷ) OH, NO_2 (p-니트로페놀 구조식)

ㄹ) H_2O ㅁ) OH, O_2N, NO_2 ㅂ) OH, O_2N, NO_2

ㅅ) OH, NO_2, NO_2 ㅇ) OH, O_2N, NO_2, NO_2

3. 에틸알콜과 페놀의 구조에서 비슷한 점과 다른 점은 무엇인가?

4. 페놀수용액에 나트리움을 작용시키면 페놀라트가 얻어진다.

그러나 알콜라트를 얻자면 무수알콜에 나트리움을 작용시켜야 한다. 왜 그런가?

5. 맑은 나트리움페놀라트수용액에 이산화탄소를 불어넣으면 용액은 두 층으로 갈라지고 여기에 가성소다용액을 넣으면 하나의 맑은 용액으로 된다. 이 까닭을 화학반응식을 쓰고 설명하여라. 이 성질을 어디에 리용하겠는가?

6. 피크린산은 폭발물로 쓰인다. 피크린산 100kg을 얻자면 56% 질산용액 몇kg이 페놀과 작용해야 하는가? (답. 147.4kg)

7. 2,4-디 1t을 만들자면 순도가 78%인 페놀 몇kg이 필요한가? (답. 545.3kg)

제3절. 알데히드, 케톤

포름알데히드 HCHO

생물실험실에서 자주 보게 되는 생물표본병속의 액체는 포르말린이다.(그림 5-9)

포르말린은 포름알데히드의 35~40% 수용액이다.

포름알데히드는 찌르는듯 한 냄새가 나는 기체(끓음점 -21℃)이며 물에 잘 용해된다.

포름알데히드의 구조식은 다음과 같다.

$$\mathrm{H-C}\begin{matrix}\mathrm{=O}\\ \mathrm{\backslash H}\end{matrix} \quad \text{간단히} \quad \mathrm{HCH{=}O} \quad \text{또는} \quad \mathrm{HCHO}$$

여기서 $-\mathrm{C}\begin{matrix}\mathrm{=O}\\ \mathrm{\backslash H}\end{matrix}$ 를 알데히드기라고 부른다.

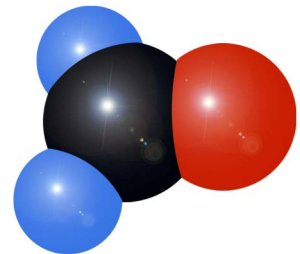
그림 5-9. 생물표본병

그림 5-10. 포름알데히드의 분자모형

포름알데히드의 화학성질은 알데히드기와 관계된다.

부가반응. 포름알데히드는 수소를 부가한다. 이때 메틸알콜이 얻어진다.

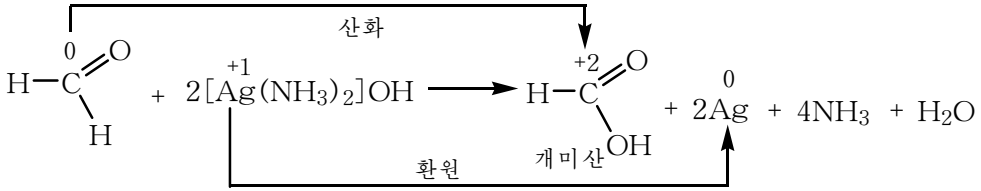
$$\mathrm{H-C}\begin{matrix}\mathrm{=O}\\ \mathrm{\backslash H}\end{matrix} + \mathrm{H_2} \xrightarrow{\text{촉매}} \mathrm{H-\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle H}{C}}-OH}$$

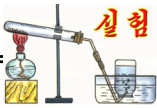
메틸알콜

ⓟ 포름알데히드에서 탄소의 산화수는 얼마인가? 우의 반응은 산화반응에 속하는가 환원반응에 속하는가?

산화반응. 포름알데히드는 매우 쉽게 산화되여 개미산으로 된다.

약한 산화제인 산화은에 의해서도 산화된다. 포르말린에 산화은의 암모니아성용액을 작용시키면 은이 환원되여 유리벽에 나붙어 거울을 만든다.

$$\underset{\text{H}}{\text{H}-\overset{0}{\text{C}}=\text{O}} + 2[\overset{+1}{\text{Ag}}(NH_3)_2]OH \longrightarrow \underset{\text{개미산}}{\text{H}-\overset{+2}{\text{C}}(=\text{O})\text{OH}} + 2\overset{0}{\text{Ag}} + 4NH_3 + H_2O$$

(산화: 포름알데히드 → 개미산, 환원: $[Ag(NH_3)_2]OH$ → Ag)

그러므로 이 반응을 **은거울반응**이라고 부른다.

포름알데히드는 수산화동(Ⅱ)에 의해서도 산화된다.

포름알데히드의 산화

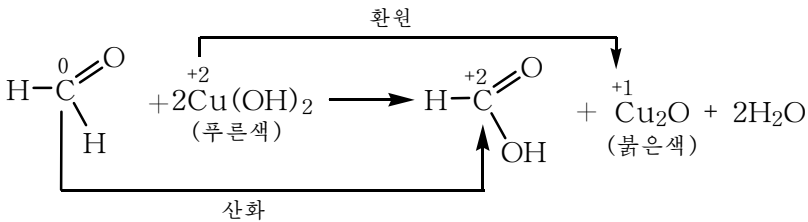
시험관에 4mL의 묽은 류산동용액을 넣고 스포이드로 묽은 가성소다용액을 푸른 침전물이 더는 생기지 않을 때까지 방울방울 넣는다.

여기에 1mL의 포르말린을 넣고 열을 준다.

수산화동(Ⅱ)침전물의 색이 어떻게 변하는가를 본다.

포름알데히드는 푸른색의 수산화동(Ⅱ)을 붉은색의 산화동(Ⅰ)으로 환원시키고 자체는 산화된다.

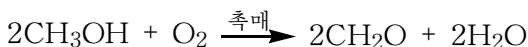
$$\underset{\text{H}}{\text{H}-\overset{0}{\text{C}}=\text{O}} + \underset{(\text{푸른색})}{2\overset{+2}{\text{Cu}}(OH)_2} \longrightarrow \text{H}-\overset{+2}{\text{C}}(=\text{O})\text{OH} + \underset{(\text{붉은색})}{\overset{+1}{Cu_2}O} + 2H_2O$$

(환원: $Cu(OH)_2$ → Cu_2O, 산화: 포름알데히드 → 개미산)

포르말린은 합성수지(페놀수지, 뇨소수지)를 만드는 원료로 쓰인다. 또한 비날론생산에서도 리용된다.

포르말린은 단백질을 응고시키는 성질이 있으므로 농약(종자소독액), 가죽이김약으로 쓰이며 생물표본을 만드는데도 쓰인다.

포름알데히드는 독성이 강하다. 특히 눈신경에 강한 자극을 준다.

포름알데히드는 메틸알콜을 공기(산소)로 산화하여 만든다.

$$2CH_3OH + O_2 \xrightarrow{\text{촉매}} 2CH_2O + 2H_2O$$

아세트알데히드 CH_3CHO

아세트알데히드는 찌르는듯 한 냄새를 가진 색이 없는 휘발성액체이다.(끓음점 20.8℃, 녹음점 -124℃)

물이나 유기용매에 잘 용해된다.

아세트알데히드분자는 메틸기와 알데히드기로 이루어졌다.

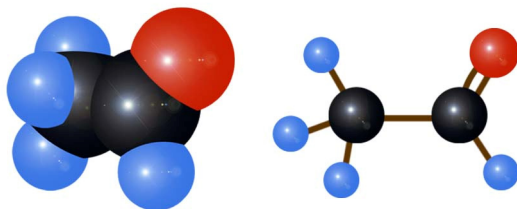
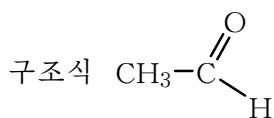
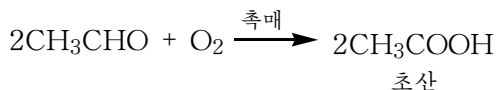



그림 5-11. 아세트알데히드의 분자모형

간단히 CH_3CHO

아세트알데히드에는 기능원자단인 알데히드기가 있다. 그러므로 포름알데히드와 같이 부가반응, 산화반응을 한다.

? 아세트알데히드의 은거울반응을 반응식으로 나타내고 산화, 환원과정을 설명하여라.

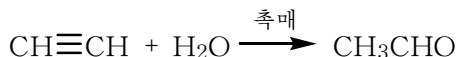
일정한 조건(온도, 촉매)에서 아세트알데히드를 산소로 산화시키면 초산이 얻어진다.

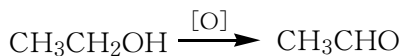
$$2CH_3CHO + O_2 \xrightarrow{\text{촉매}} \underset{\text{초산}}{2CH_3COOH}$$

공업에서는 이 반응을 리용하여 초산을 생산한다.

? 아세트알데히드로부터 에틸알콜을 얻을수 있는가? 반응식으로 설명하여라.

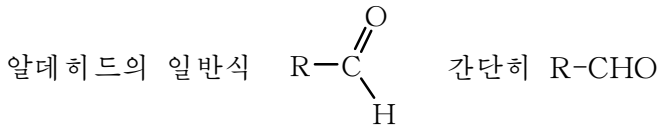
아세트알데히드는 유기합성공업의 중요한 원료로서 주로 초산, 에틸알콜, 부틸알콜을 생산하는데 리용된다.

아세트알데히드는 공업적으로 아세틸렌에 물을 부가시켜 만든다.

$$CH\equiv CH + H_2O \xrightarrow{\text{촉매}} CH_3CHO$$

실험실에서는 에틸알콜을 중크롬산칼리움의 류산산성용액으로 산화시켜 만든다.

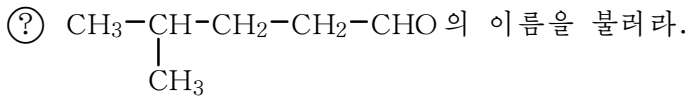
$$CH_3CH_2OH \xrightarrow{[O]} CH_3CHO$$

알데히드

포름알데히드, 아세트알데히드와 같이 분자안에 알데히드기(-CHO)를 가지고있는 탄화수소유도체를 알데히드라고 부른다.

알데히드의 일반식 $R-C(=O)-H$ 간단히 R-CHO

여기서 R는 탄화수소기이다. 원자단 $-C(=O)-$ 를 카르보닐기라고 한다.

※ 포름알데히드에서 R는 H이다.

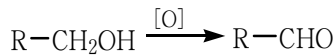
알카날은 알칸의 수소원자 하나가 알데히드기로 갈리운 탄화수소유도체이다.
알카날의 일반이름은 탄소수가 같은 알칸의 일반이름뒤에 《알》을 붙여준다.

ⓘ $CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH_2-CHO$ 의 이름을 불러라.

알카날에서 포름알데히드만 보통조건에서 기체이고 나머지는 액체이며 분자량이 큰 동족체는 고체이다.

몇가지 알카날동족체 표 5-3

화학식	습관이름	일반이름	끓음점/℃
HCHO	포름알데히드, 개미산알데히드	메타날	-21
CH_3CHO	아세트알데히드, 초산알데히드	에타날	+21
CH_3CH_2CHO	프로피온산알데히드	프로파날	+48.8
$CH_3CH_2CH_2CHO$	버터산알데히드	부타날	+75.7

알카날은 1급알콜을 산화하여 만든다.

$$R-CH_2OH \xrightarrow{[O]} R-CHO$$

ⓘ 알데히드를 환원하면 어떤 물질이 얻어지는가?

알데히드의 특성은 쉽게 산화되는것이다. 산화은과 수산화동에 의한 산화반응은 색변화가 뚜렷하므로 알데히드를 검출하는데 쓰인다.

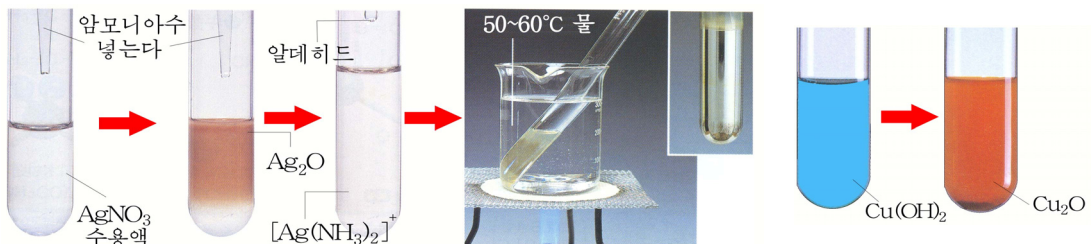



그림 5-12. 알데히드에 의한 은거울반응과 수산화동의 색변화

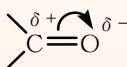
전제: 카르보닐기 >C=O 에서 탄소원자의 혼성상태는 sp^2

탐구과정:

1. 카르보닐기의 2중결합은 에틸렌의 2중결합과 달리 전기음성도가 서로 다른 두 원자사이의 2중결합이다. 핵으로부터 먼 거리에 있는 π전자들은 전기음성도가 큰 ____원자쪽으로 쏠린다.

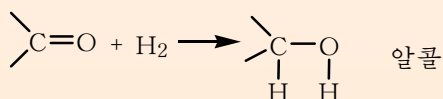
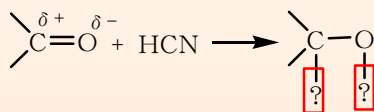
>C=O

2. 탄소원자와 산소원자의 π전자밀도가 달라진다.

>C$^{\delta+}$=O$^{\delta-}$

여기서 δ+, δ-는 완전한 이온이 아니라 부분적으로 전기를 띤것을 나타낸다.

3. 분자안에 2중결합을 가지고있는 물질은 ____반응을 한다.

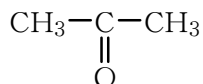
$$>C^{\delta+}=O^{\delta-} + HCN \longrightarrow >C(?)-O(?)$$

$$>C=O + H_2 \longrightarrow >C(H)-O(H)$$ 알콜

결론: 카르보닐기의 2중결합은 에틸렌과 달리 전기음성도가 서로 다른 두 원소의 원자사이의 결합이다. 2중결합의 특성인 부가반응을 일으킨다.

아세톤(디메틸케톤) CH_3COCH_3

아세톤은 신나냄새가 나는 색이 없는 액체(끓음점 56.5℃)이며 물에 잘 용해된다. 불붙기 쉽고 여러가지 유기물질을 잘 용해시키는 성질이 있다.

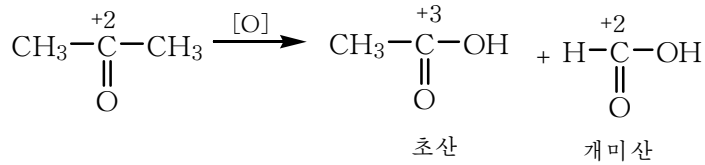
아세톤분자는 카르보닐기에 두개의 메틸기가 결합된 구조를 가진다.

$$CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_3$$

아세톤분자에도 알데히드분자에서와 같이 탄소-산소사이에 2중결합이 있다.

Ⓠ 아세톤에 수소가 부가되면 어떤 물질이 생기는가? 알데히드의 수소부가생성물과 같은 점, 다른 점을 찾아보아라.

아세톤은 알데히드보다 반응성이 약하다. 수산화동(Ⅱ)이나 산화은에 의하여 산화되지 않는다.

센 산화제($KMnO_4$)에 의해서만 산화된다. 이때 탄소사슬이 끊어진다.

$$\underset{\substack{\| \\ O}}{CH_3-\overset{+2}{C}-CH_3} \xrightarrow{[O]} \underset{\text{초산}}{\underset{\substack{\| \\ O}}{CH_3-\overset{+3}{C}-OH}} + \underset{\text{개미산}}{\underset{\substack{\| \\ O}}{H-\overset{+2}{C}-OH}}$$

아세톤은 유기물질을 잘 용해시키는 성질이 있으므로 유기용매로 널리 쓰인다. 아세톤은 직접 기름, 수지와 같은 물질을 용해시키는데 쓰이며 다른 용매들과 함께 신나의 기본성분으로 들어간다. 또한 유기유리를 비롯한 여러가지 유기물질을 합성하는데 쓰인다.

아세톤은 나무를 건류할 때 얻어지는 건류액속에 들어있다.(그림 5-13)

실험실에서는 초산칼시움을 건류하여 아세톤을 얻는다.

$$\underset{\text{초산칼시움}}{(CH_3COO)_2Ca} \xrightarrow{\text{건류}} \underset{\substack{\| \\ O}}{CH_3-C-CH_3} + CaCO_3$$

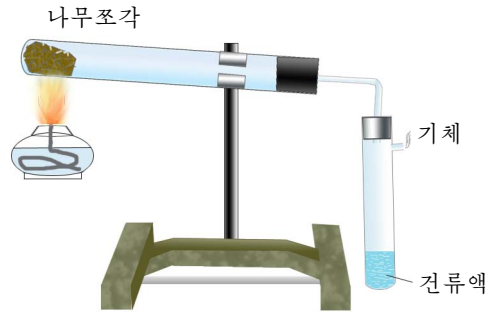
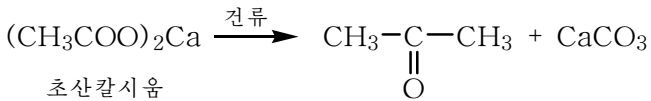
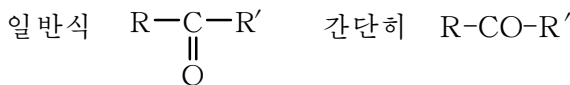



그림 5-13. 나무건류

ⓘ 2급알콜을 산화하여도 아세톤을 얻을수 있다. 어떤 2급알콜을 선택하여야 하는가?

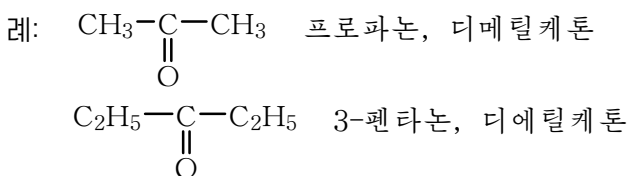
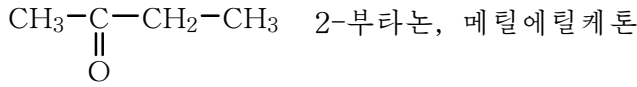
케톤

아세톤과 같이 카르보닐기 $\underset{\substack{\| \\ O}}{-C-}$ 에 두개의 탄화수소기가 결합된 화합물을 케톤이라고 부른다.

일반식 $\underset{\substack{\| \\ O}}{R-C-R'}$ 간단히 R-CO-R′

케톤의 일반이름은 탄소수가 같은 알칸의 일반이름뒤에 《온》을 붙여 부른다. 또한 두개의 탄화수소기의 이름을 부르고 《케톤》을 붙여 부른다.(습관이름)

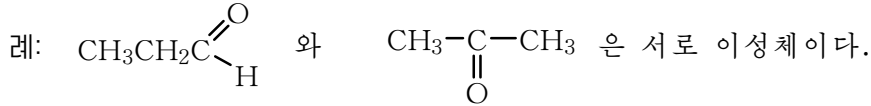
례: $\underset{\substack{\| \\ O}}{CH_3-C-CH_3}$ 프로파논, 디메틸케톤

$\underset{\substack{\| \\ O}}{C_2H_5-C-C_2H_5}$ 3-펜타논, 디에틸케톤

$$CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_2-CH_3$$ 2-부타논, 메틸에틸케톤

Ⓟ 2-부타논에 수소를 부가하면 어떤 물질이 생기는가?

케톤은 2급알콜을 산화하여 만든다.

알데히드와 케톤은 이성체관계에 있다.

례: $CH_3CH_2C(=O)H$ 와 $CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_3$ 은 서로 이성체이다.

알데히드와 케톤의 반응성비교 표 5-4

구분	부가반응	산화반응
알데히드	$CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-H + H_2 \xrightarrow{\text{촉매}} CH_3-CH_2-OH$ 아세트알데히드 → 1급알콜	은거울반응을 쉽게 한다.
케톤	$CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_3 + H_2 \xrightarrow{\text{촉매}} CH_3-\underset{\underset{OH}{\mid}}{CH}-CH_3$ 아세톤 → 2급알콜	은거울반응을 하지 않는다. 센 산화제에 의해서만 산화된다.

문 제

1. 빈칸에 알맞는 글을 써넣어라.

1) 포름알데히드의 분자구조에는 ____결합이 있다. 그러므로 에틸렌처럼 ____반응을 한다.

2) 알데히드의 수소부가생성물은 ____이며 케톤의 수소부가생성물은 ____이다. 수소를 부가하는 과정은 ____과정이다.

3) 아세톤의 구조식은 ____이며 카르보닐기에 두개의 ____가 결합되여있다.

4) 알데히드는 ____을 산화시켜 만들며 케톤은 ____을 산화시켜 만든다.

5) 아세트알데히드를 산화하면 _____이 생긴다.

2. 정확한것을 선택하여라.

1) 어떤 물질의 수소부가생성물이 $CH_3\underset{\underset{CH_3}{\mid}}{CH}CH_2OH$ 라면 그 물질은 ( )이다.

ㄱ) 에틸알콜의 동족체　ㄴ) 프로파놀의 이성체

ㄷ) 부타날의 이성체　ㄷ) 아세트알데히드의 동족체

2) 다음의 시약들가운데서 은거울반응을 한 시험관을 씻을수 있는것은 ( )이다.

ㄱ) 염산　ㄴ) 질산　ㄷ) 가성소다용액　ㄹ) 증류수

3. 프로피온산알데히드와 아세톤의 분자구조와 반응에서 비슷한 점과 다른 점을 설명하여라.

4. 아세톤을 얻으려면 다음의 할로겐화알킬들가운데서 어느 물질을 선택하고 어떤 방법을 써야 하는가?

ㄱ) $CH_3-CH_2-CH_2-Br$ ㄴ) $CH_3-CH(Br)-CH_3$ ㄷ) $CH_3-CH(Br)-CH_2(Br)$

5. 은거울반응이 일어날 때 0.01mol의 은이 얻어졌다면 포름알데히드는 몇g이나 반응하였겠는가? (답. 0.15g)

6. 40%의 포름알데히드수용액(포르말린) 10t을 만들려면 메틸알콜이 몇t 필요한가? (답. 약 4.27t)

7. 두 시험관에 아세트알데히드와 아세톤이 각각 들어있다. 어느 시험관에 무엇이 들어있는지 어떻게 알수 있는가?

8. 아세트알데히드 100kg으로 96% 에틸알콜 몇kg을 만들수 있는가? 거둠률은 85%이다. (답. 92.6kg)

제4절. 카르본산

초산 CH_3COOH

ⓘ 식초에서 신맛을 내는 물질은 무엇인가?

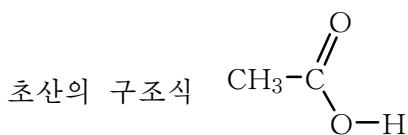
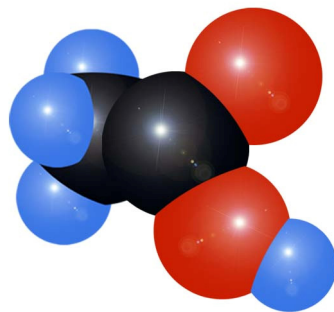
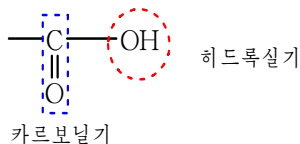
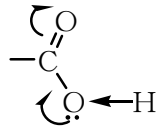
초산의 구조식 $CH_3-C(=O)-O-H$

간단히 CH_3COOH

그림 5-14. 초산의 분자모형

초산은 메탄의 수소원자 하나가 카르복실기로 갈리운 탄화수소의 유도체이다. 카르복실기는 카르보닐기와 히드록실기로 이루어졌다.

원소의 전기음성도차로부터 공유전자쌍의 쏠림은 다음과 같다.

$$\begin{array}{l} \curvearrowleft O \\ \| \\ -C \\ \backslash \\ \curvearrowleft \ddot{O} \leftarrow H \end{array}$$

초산의 성질은 기능원자단인 카르복실기와 관련된다.

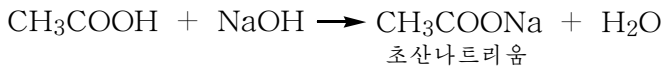
산성. 초산은 산의 성질을 나타낸다.

초산은 물속에서 해리되며 리트머스의 색을 붉은색으로 변화시킨다.

$$CH_3COOH \rightleftarrows CH_3COO^- + H^+$$

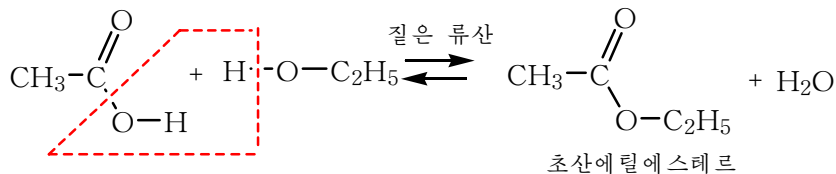
초산은 약한 산이며 1가산이다.

초산은 금속 및 알카리와 반응하여 염을 만든다.

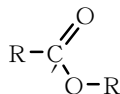
$$CH_3COOH + NaOH \longrightarrow \underset{\text{초산나트리움}}{CH_3COONa} + H_2O$$

ⓘ 초산과 마그네시움과의 반응을 화학반응식으로 나타내여라.

알콜과의 반응. 초산의 중요한 화학성질은 알콜과 반응하여 에스테르를 만드는 것이다.

짙은 류산(촉매)이 있는데서 초산과 에틸알콜이 반응하면 초산에틸에스테르가 생긴다.

$$CH_3-C(=O)-OH + H-O-C_2H_5 \underset{}{\overset{\text{짙은 류산}}{\rightleftarrows}} \underset{\text{초산에틸에스테르}}{CH_3-C(=O)-O-C_2H_5} + H_2O$$

초산에틸에스테르(간단히 초산에틸이라고 한다.)는 향기로운 냄새를 가진 투명한 기름모양의 액체이며 물에 잘 용해되지 않는다.

산과 알콜이 반응하여 물이 떨어지면서 생기는 물질을 **에스테르**라고 하며 에스테르가 생기는 반응을 **에스테르화반응**이라고 부른다.

※ 에스테르의 일반식 $R-C(=O)-O-R$

ⓘ 초산과 부틸알콜이 반응하여 초산부틸이 생기는 반응을 화학반응식으로 나타내여라.

초산에틸이나 초산부틸은 향기를 내므로 향료로 쓰인다.

초산은 우리 생활과 화학공업에서 중요하게 리용된다.(그림 5-15)

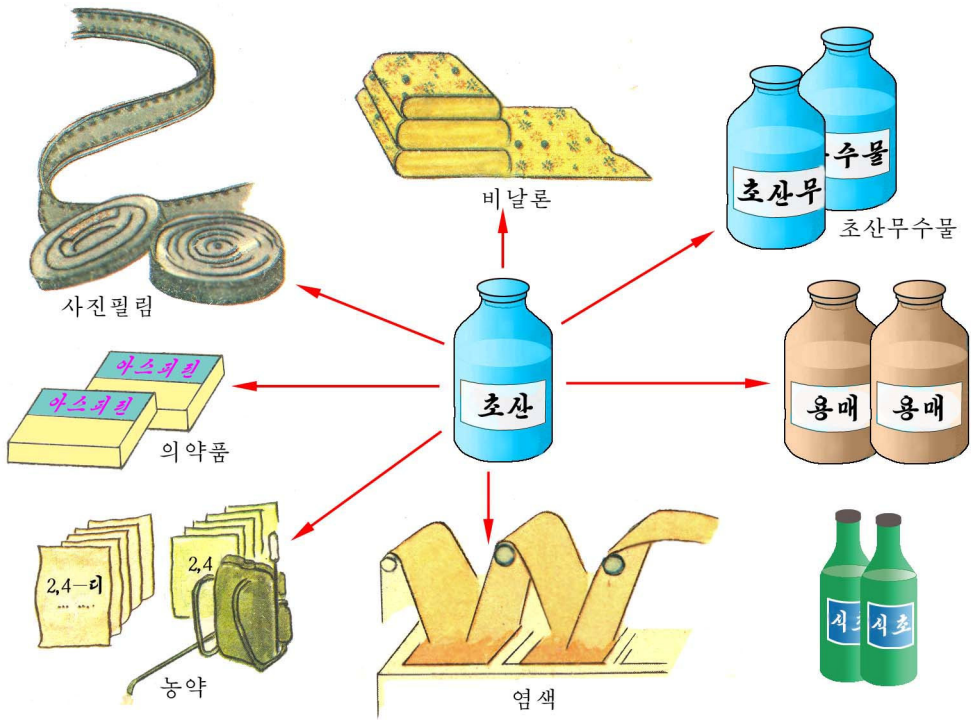



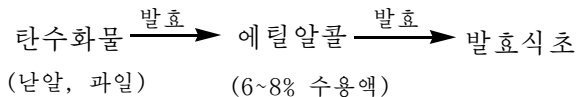
그림 5-15. 초산의 용도

초산은 여러가지 방법으로 만든다.
공업에서는 아세트알데히드를 촉매가 있는데서 산소로 산화시켜 만든다.

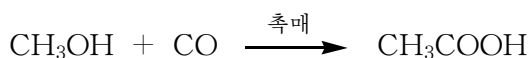
$$2CH_3CHO + O_2 \xrightarrow{\text{촉매}} 2CH_3COOH$$

ⓘ 아세틸렌으로부터 초산을 얻는 과정을 화학반응식으로 나타내여라.

초산은 또한 발효법으로도 만든다.

$$\underset{\text{(낟알, 과일)}}{\text{탄수화물}} \xrightarrow{\text{발효}} \underset{\text{(6~8\% 수용액)}}{\text{에틸알콜}} \xrightarrow{\text{발효}} \text{발효식초}$$

발효식초는 사람의 건강에 아주 좋은 식료품이다.

탄소하나화학에 의해서도 초산을 만들수 있다. 메틸알콜에 촉매가 있는데서 일산화탄소를 작용시키면 초산이 얻어진다.

$$CH_3OH + CO \xrightarrow{\text{촉매}} CH_3COOH$$

카르본산

탄화수소의 수소원자가 카르복실기로 갈리운 탄화수소유도체를 **카르본산**이라고 부른다.

몇가지 카르본산 표 5-5

분류	습관이름	구조식	녹음점/℃	끓음점/℃	있는 곳
포화카르본산	개미산	H-COOH	8	101	개미, 꿀벌, 모기
	초산	CH_3-COOH	17	118	식초
	프로피온산	CH_3-CH_2-COOH	-22	141	시여진 젖
	버터산	CH_3-$(CH_2)_2$-COOH	-7.9	164	시여진 빠다
	팔미틴산	CH_3-$(CH_2)_{14}$-COOH	64	_	동물성기름
	스테아린산	CH_3-$(CH_2)_{16}$-COOH	69	_	동물성기름
	싱아산	HOOC-COOH	190	_	싱아
불포화카르본산	올레인산	CH_3-$(CH_2)_7$-CH= =CH-$(CH_2)_7$-COOH	14	_	식물성기름
방향족카르본산	안식향산	C_6H_5-COOH	122	250	동식물유기체와 배설물

알칸산은 포화카르본산가운데서 알칸의 수소원자 하나가 카르복실기로 갈리운 화합물이다.

알칸산의 일반이름은 탄소수가 같은 알칸의 일반이름뒤에 《산》을 붙여 부른다.

례: CH_3CH_2COOH 프로판산

알칸산은 초산과 비슷한 화학성질을 가진다.

? 개미산의 산성과 에스테르화반응을 화학반응식으로 설명하여라.

일반적으로 카르본산은 산화되기 힘들지만 개미산만은 쉽게 산화된다.

개미산은 카르본산인 동시에 알데히드이다.

ⓘ 개미산에 의한 은거울반응을 화학반응식으로 쓰라.

개미산은 알칸산가운데서 산성이 제일 세며 부식성이 있다.

모기나 꿀벌에 쏘였을 때

자연계에 있는 적지 않은 곤충(개미, 모기, 꿀벌)들에는 개미산이 있다.

모기나 꿀벌에 쏘이면 근육에 들어온 개미산에 의하여 피부가 벌겋게 되며 부풀어오른다. 여기에 암모니아수를 바르거나 된장, 간장을 바르면 개미산이 중화되기때문에 쓰리고 아픈감도 적어지고 점차 부은것도 가라앉는다.

고급카르본산은 분자안에 탄소원자수가 많은(10개이상) 카르본산이다.

팔미틴산과 스테아린산, 올레인산은 고급카르본산이다.

고급카르본산가운데서 팔미틴산($C_{15}H_{31}COOH$), 스테아린산($C_{17}H_{35}COOH$)과 같은 포화카르본산은 고체이며 올레인산($C_{17}H_{33}COOH$)과 같은 불포화카르본산은 액체이다. 고급카르본산은 물에 용해되지 않는다.

고급카르본산에 가성소다를 작용시키면 염이 생긴다.

례: $C_{17}H_{35}COOH + NaOH \rightarrow C_{17}H_{35}COONa + H_2O$

스테아린산 　　　　　　　 스테아린산나트리움

고급카르본산의 나트리움염은 물에 잘 용해되며 세척작용을 한다. 그러므로 이것들은 고체비누로 쓰인다.

※ 고급카르본산의 Mg이나 Ca의 염은 물에 용해되지 않는다. 경수에서 세척작용이 약해지고 거품이 잘 일지 않는것은 물에 용해되지 않는 Ca, Mg의 염이 생기기때문이다.

ⓘ 올레인산에는 탄소-탄소사이 2중결합이 있다. 올레인산에 브롬이 부가하는 반응을 화학반응식으로 쓰라.

액체상태의 올레인산에 촉매가 있는데서 수소를 부가하면 고체상태의 스테아린산이 생긴다.

문 제

1. 빈칸에 알맞는 글을 써넣어라.

1) 초산은 조미료인 ____의 기본성분이다. 물에서의 해리방정식은 ____이다. 초산의 산성은 탄산보다 ____.

2) 초산은 ____산이기때문에 초산 1mol은 금속나트리움 ____mol과 반응한다.

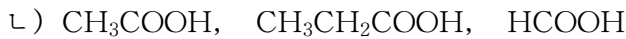
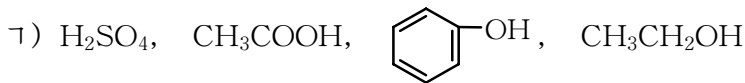
3) 초산과 기타 카르본산은 알콜과 반응하여 ____를 만든다. 촉매는 ____이다. 류산이 있는데서 산과 ____과의 반응을 ____화반응이라고 부른다.

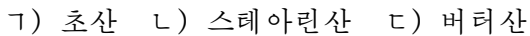
4) 카르본산은 ____되기 힘들지만 ____산만은 쉽게 산화되여 ____으로 된다. 실례로 초산은 은거울반응을 하지 않지만 ____은 은거울반응을 한다.

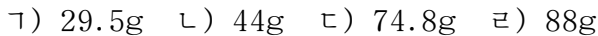
2. 정확한것을 선택하여라.

1) 다음 물질들가운데서 산성이 제일 큰것은 ( )이다.

ㄱ) H_2SO_4, CH_3COOH, C_6H_5OH, CH_3CH_2OH

ㄴ) CH_3COOH, CH_3CH_2COOH, $HCOOH$

2) 다음 물질들가운데서 물에 제일 잘 용해되는것은 ( )이며 물에 제일 잘 용해되지 않는것은 ( )이다.

ㄱ) 초산 ㄴ) 스테아린산 ㄷ) 버터산

3) 30g의 초산과 46g의 에틸알콜이 반응하여 생기는 초산에틸에스테르는 ( )이다. 거둠률은 67%이다.

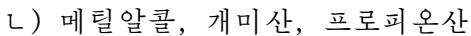
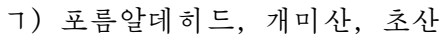
ㄱ) 29.5g ㄴ) 44g ㄷ) 74.8g ㄹ) 88g

3. 초산과 개미산의 화학성질에서 비슷한 점과 다른 점을 설명하여라.

4. 다음의 변화를 화학반응식으로 쓰라.

$CH_3OH \rightarrow HCHO \rightarrow HCOOH \rightarrow HCOOC_2H_5$

5. 다음 물질을 어떻게 화학적으로 갈라보겠는가?

ㄱ) 포름알데히드, 개미산, 초산

ㄴ) 메틸알콜, 개미산, 프로피온산

6. 알칸산가운데서 개미산의 산성이 특별히 세다. 그 원인은 무엇인가?

7. 순도가 98%인 카바이드 1t으로부터 70% 초산용액 몇kg을 만들수 있는가?

(**답.** 1 312.5kg)

8. 어떤 화합물 A는 세가지 원소 C, H, O로 이루어진 1가화합물이다.
1mol의 A가 완전히 연소하는데 O_2가 4mol 필요하다. A는 금속나트리움과 반응하지 않으며 산화제에 의하여 B로 된다.
0.37g의 B는 0.2mol/L NaOH용액 25mL와 완전히 반응한다.
화합물 A와 B의 시성식을 확정하여라.

제5절. 니트로화합물과 아민

니트로화합물

탄화수소의 수소원자가 니트로기($-NO_2$)로 갈리운 화합물을 니트로화합물이라고 부른다.

널리 쓰이는 니트로화합물은 방향족니트로화합물이다.

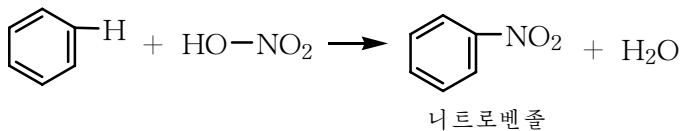
ⓘ 방향족니트로화합물이란 무엇인가를 자기 말로 이야기해보아라.

니트로벤졸($C_6H_5NO_2$)은 공업의 중요한 원료이다.

질은 류산이 있는데서 벤졸에 질은 질산을 작용시켜 만든다.

$$C_6H_5-H + HO-NO_2 \longrightarrow C_6H_5-NO_2 + H_2O$$

니트로벤졸

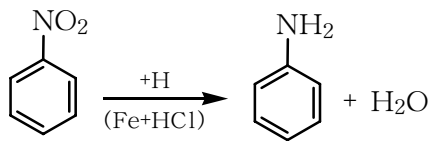
그림 5-16. 니트로벤졸의 분자모형

니트로벤졸은 색이 없거나 누런색을 띤 기름모양의 액체이다.

물보다 무거우며 물에 잘 용해되지 않고 유기용매에 잘 용해된다.

니트로벤졸증기는 유독하다.

니트로벤졸은 어떤 반응을 하는가.

환원반응. 니트로벤졸을 수소로 환원하면 니트로기가 환원된다. 이때 아닐린이 얻어진다.

$$C_6H_5NO_2 \xrightarrow[(Fe+HCl)]{+H} C_6H_5NH_2 + H_2O$$

※ 원자단 $-NH_2$을 **아미노기**라고 한다.

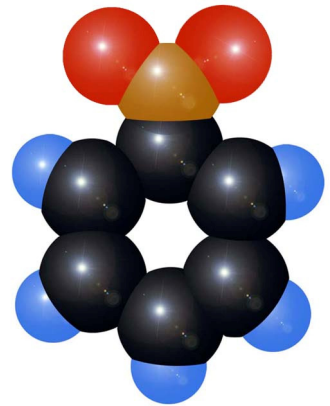
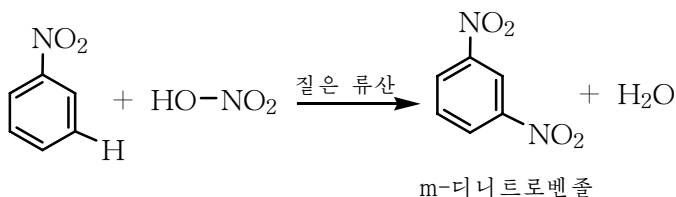
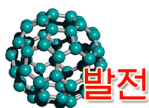
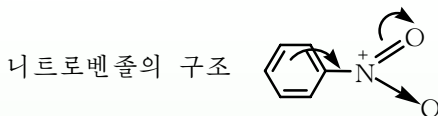
아닐린은 물감 만드는 원료로 쓰인다.

치환반응. 니트로벤졸에서의 치환반응은 벤졸에서보다 힘들게 일어난다. 그것은 기능원자단 $-NO_2$의 영향으로 벤졸고리의 전자밀도가 작아지기때문이다.

치환반응은 주로 m-자리에서 일어난다.

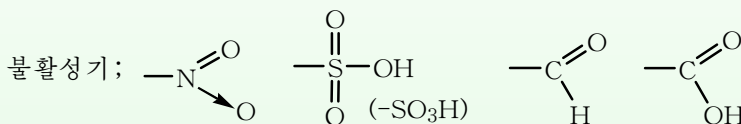
$$C_6H_5NO_2\,(H) + HO-NO_2 \xrightarrow{\text{질은 류산}} C_6H_4(NO_2)_2 + H_2O$$

m-디니트로벤졸

니트로벤졸의 구조 (구조식)

벤졸고리의 π전자구름과 니트로기의 π전자구름이 겹친다.(공액계)

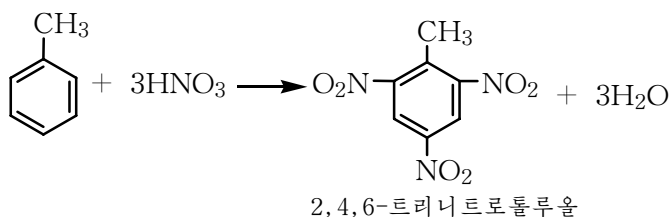
그런데 산소원소의 전기음성도가 크므로 π전자구름은 산소원자쪽으로 쏠린다. 결과 벤졸고리의 전자밀도는 벤졸에서보다 작아진다.

니트로기와 같이 벤졸고리의 전자밀도를 작게 해주는 원자단은 불활성기이다.

불활성기; $-NO_2$, $-SO_3H$ ($-SO_3H$), $-CHO$, $-COOH$

불활성기를 가진 벤졸유도체에서 치환반응은 매우 힘들며 일어나는 경우 m-자리에서 일어난다.

ⓘ 니트로벤졸의 브롬화반응을 화학반응식으로 나타내여라.

트리니트로톨루올(TNT)은 톨루올을 니트로화하여 만든다.

$$C_6H_5CH_3 + 3HNO_3 \longrightarrow C_6H_2(CH_3)(NO_2)_3 + 3H_2O$$

2,4,6-트리니트로톨루올

트리니트로톨루올(트로틸이라고도 부른다.)은 누런색의 결정이며 센 폭발력이 있기때문에 폭발물로 쓰인다.

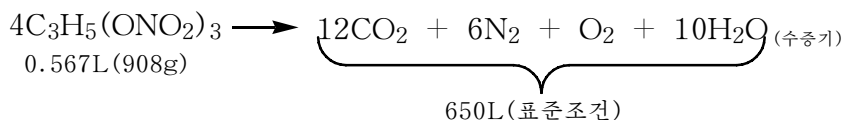
폭발물

폭발물은 경제건설과 국방건설에서 없어서는 안될 물질이다.

폭발물은 공기가 없는데서도 매우 짧은 순간에 많은 기체와 열을 내면서 분해되는 물질이다.

나무나 휘발유 같은것은 공기(산소)가 있어야 불타지만 폭발물은 자체내에 산소를 많이 가지고있으므로 공기없는 땅속이나 물속에서도 폭발한다.

례를 들어 니트로글리세린 $C_3H_5(ONO_2)_3$은 폭발할 때 산소를 비롯한 기체물질을 만들기때문에 체적이 1 000배이상으로 불어난다.

$$\underset{0.567L(908g)}{4C_3H_5(ONO_2)_3} \longrightarrow \underbrace{12CO_2 + 6N_2 + O_2 + 10H_2O}_{650L(표준조건)}\ (수증기)$$

그러므로 폭발물은 큰 바위도 순간에 깰수 있는 굉장한 에네르기를 낼수 있다.

폭발물은 용도에 따라 파괴약, 발사약, 점화약으로 나눈다.

이밖에 내굴, 연막탄, 빛을 내는 조명탄, 신호탄, 축포탄 같은것들이 있다.

폭발물이 되기 위한 조건

① 분해속도가 매우 빨라야 한다.

② 분해될 때 많은 량의 기체가 생겨야 한다.

③ 분해될 때 많은 열을 내야 한다.

파괴약(폭약)—재움약과 폭파약을 통털어 파괴약이라고 한다.
재움약—포탄, 폭탄, 수류탄, 지뢰 같은것을 터치기 위하여 재우는 폭발물 (트로틸, 피크린산)
폭파약—굳은 물질을 마스는데 쓰이는 폭발물 (다이나마이트)

재움약

다이나마이트

다이나마이트- 니트로글리세린이 7%이상 들어있는 폭파약
례; 질산암모니움 61%
니트로글리세린 30%
질산섬유소 1%
톱밥 8%

※흑색화약 - KNO_3, S, C(숯)를 섞은것

발사약(화약)— 포탄, 탄알, 로케트를 날아가게 하는데 쓰이는 폭발물
(무연화약, 흑색화약)

여러가지 모양의 무연화약
※ 무연화약-질산섬유소를 에테르, 아세톤 또는 니트로글리세린과 섞어갠것

흑색화약
(도화선 심약)

도화선

점화약—약한 바깥작용에 의해서도 쉽게 폭발하면서 잇닿은 폭발물에 불을 달아주는 폭발물이다.
이것은 뢰관, 신관에 쓰인다.
(질화연 $Pb(N_3)_2$, 뢰홍 $Hg(CNO)_2$)

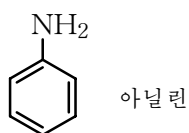
그림 5-17. 폭발물의 분류

아민

암모니아의 수소원자가 탄화수소기로 갈리운 암모니아유도체를 아민이라고 한다.

대표적인 아민은 아닐린이다.

NH_2

아닐린

아닐린은 벤졸의 수소원자 하나가 아미노기($-NH_2$)로 갈리운 탄화수소의 유도체이다.

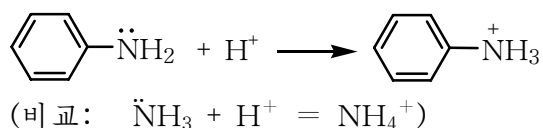
아닐린은 색이 없는 기름모양의 액체이며 물에 적게 용해된다.

아닐린증기는 매우 유독하다. 공기속에서 일부 산화되여 흔히 밤색을 띤다.

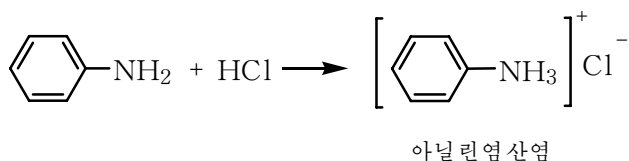
? 아닐린과 암모니아의 구조에서 비슷한 점과 다른 점은 무엇인가?

아닐린은 염기성을 나타낸다. 그것은 질소원자에 비공유전자쌍이 있기때문이다.

$$C_6H_5-\ddot{N}H_2 + H^+ \longrightarrow C_6H_5-\overset{+}{N}H_3$$

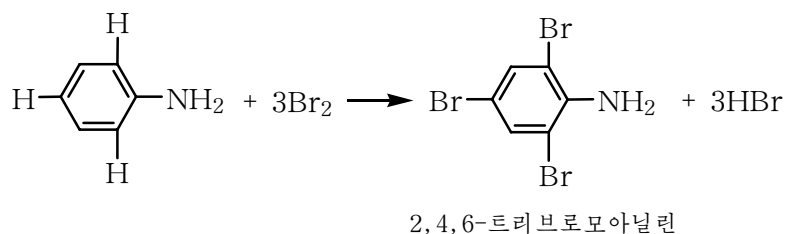
(비교: $\ddot{N}H_3 + H^+ = NH_4^+$)

? 염기성의 세기는 무엇에 관계되는가?

아닐린은 암모니아보다 염기성이 훨씬 약하다. 그러므로 센산과만 반응하여 염을 만든다.

$$C_6H_5-NH_2 + HCl \longrightarrow [C_6H_5-NH_3]^+Cl^-$$

아닐린염산염

아닐린수용액에 브롬을 작용시키면 2,4,6-트리브로모아닐린이 쉽게 생긴다.

$$C_6H_5-NH_2 + 3Br_2 \longrightarrow C_6H_2Br_3-NH_2 + 3HBr$$

2,4,6-트리브로모아닐린

? 아닐린에서의 치환반응방향을 자기 말로 이야기해보아라.

아닐린은 여러가지 물감, 의약품을 만드는 원료로 쓰인다.

아닐린과 합성물감

아닐린은 합성물감의 귀중한 원료이다. 합성물감은 도이췰란드의 유기화학자 호프만의 조수였던 파킨이 18살 때 아닐린을 원료로 하여 처음 합성하였다.

파킨은 1856년에 아닐린의 류산염에 중크롬산칼리움을 넣을 때 보라색의 색소가 포함되여있는 검은 침전물이 생기며 이것을 알콜에 용해시키면 보라색으로 된다는것을 발견하였다.

이 물감으로 명주를 물들이면 붉은보라색이 된다고 하여 이것을 아닐린보라라고 불렀다.

그는 검은 침전물을 수용액에서 우려내여 그 용액으로부터 보라색결정을 얻어 특허를 받았다.

그후 합성물감에 대한 연구가 세계 여러 나라 학자들에 의하여 진행되여 1856년에 아닐린붉은색물감이 또 합성되였다. 1861년에는 아닐린푸른색과 아닐린누런색물감이 련이어 합성되였다.

문 제

1. 빈칸에 알맞는 글을 써넣어라.

1) 탄소원자와 직접 결합한 ____기를 가진 탄화수소유도체를 니트로화합물이라고 한다. 니트로벤졸의 시성식은 ____이다.

2) 아닐린분자에서는 ____고리에 ____기가 직접 결합되여있다.

3) 니트로벤졸의 치환반응은 주로 ____자리에서 일어나며 아닐린의 치환반응은 주로 ____자리에서 일어난다. 그러므로 니트로벤졸의 브롬화반응생성물의 구조식은 ____이며 아닐린의 브롬화반응생성물의 구조식은 ____이다.

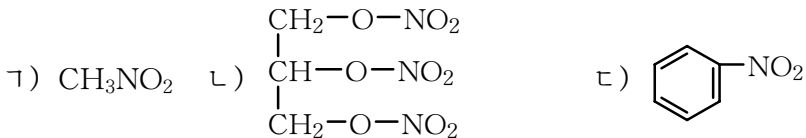
4) 방향족화합물에서 폭발물로 쓰이는 대표적인 물질은 ____과 ____이다.

2. 정확한것을 선택하여라.

1) 다음 물질들가운데서 니트로화합물은 ( )이다.

ㄱ) CH_3NO_2

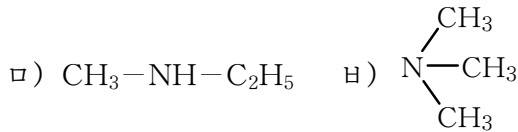
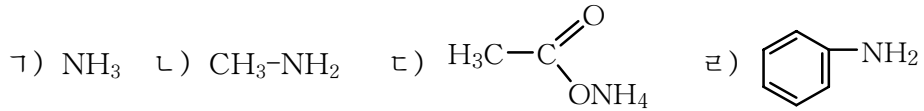
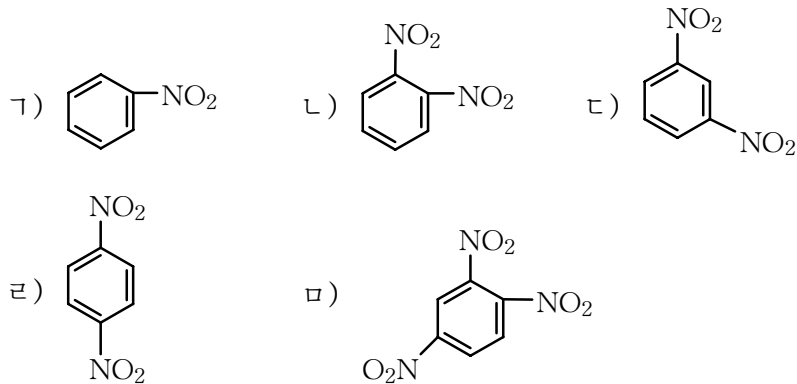
ㄴ)
$$\begin{array}{l} CH_2-O-NO_2 \\ | \\ CH-O-NO_2 \\ | \\ CH_2-O-NO_2 \end{array}$$

ㄷ) (벤젠고리)$-NO_2$

ㄹ) HNO_3

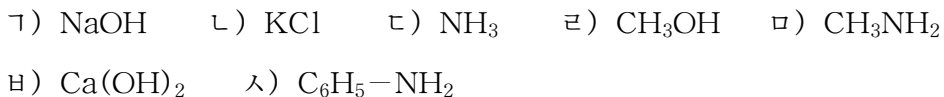
ㅁ) $CH_2=CH-CH_2-NO_2$

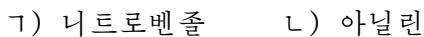
ㅂ) $NaNO_2$

2) 다음 물질들가운데서 아민은 ( )이다.

ㅁ) $CH_3-NH-C_2H_5$ ㅂ) $N(CH_3)_3$

3) 질은 류산이 있는데서 벤졸에 질은 질산을 작용시킬 때 생기는 물질은 ( )이다.

3. 다음 물질들가운데서 염기를 찾고 염기란 무엇인가를 이야기해보아라.

ㄱ) $NaOH$ ㄴ) KCl ㄷ) NH_3 ㄹ) CH_3OH ㅁ) CH_3NH_2

ㅂ) $Ca(OH)_2$ ㅅ) $C_6H_5-NH_2$

4. 석탄으로부터 다음 물질을 어떻게 만들수 있는가?

ㄱ) 니트로벤졸 ㄴ) 아닐린

5. 실험실에서 벤졸 39g을 니트로화하여 55g의 니트로벤졸을 얻었다. 니트로벤졸의 거둠률을 구하여라. (답. 89.4%)

6. 아닐린 한통의 질량은 200kg이고 그 순도는 99%이다. 이런 아닐린 한통을 만들려면 니트로벤졸 몇kg이 필요한가? 니트로벤졸은 70%가 반응한다.

(답. 374.1kg)

제6절. 유기화합물의 특성과 분류

유기화합물의 특성

첫째로, 유기화합물을 이루는 원소의 수는 매우 적다.

모든 유기화합물에는 탄소원소가 있다. 그러므로 유기화합물을 탄소의 화합물이라고도 부른다.

※ 탄소의 화합물들가운데서 CO, CO_2, 탄산염, 시안산염은 유기화합물이 아니다.

유기화합물에는 탄소원소외에 수소, 산소, 류황, 질소, 염소, 브롬을 비롯한 몇가지 원소들도 들어있다.

유기화합물가운데서 조성이 제일 간단한 물질은 탄화수소이다.

탄화수소는 탄소원소와 수소원소로 이루어졌으며 알콜, 알데히드, 케톤, 카르본산은 탄소, 수소, 산소원소로 이루어졌다.

? 무기물질은 몇가지 화학원소로 이루어졌는가?

둘째로, 유기화합물의 수는 무기화합물의 수보다 훨씬 더 많다.

실례로 유기화합물에서 C_nH_{2n+2}로 표시되는 동족체는 아주 많다.

또한 유기화합물에는 분자식은 같으나 구조가 다른 이성체들도 존재한다.

이처럼 무기화합물과 달리 유기화합물에서는 동족현상, 이성현상이 나타나므로 그 수는 대단히 많다.

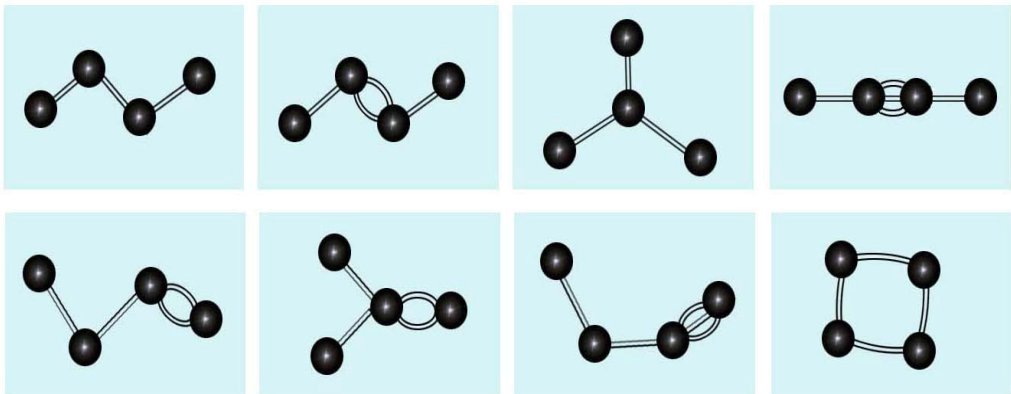



그림 5-18. 유기화합물의 종류가 많은 원인

셋째로, 유기화합물에서 원자들사이의 결합은 대체로 공유결합이다.

거의 모든 유기화합물은 전기음성도가 같거나 비슷한 비금속원소들로 이루어진다.

그러므로 원자들사이의 결합은 공유결합이며 유기화합물은 분자성화합물이다.

넷째로, 유기화합물은 분자량에 비하여 녹음점, 끓음점이 매우 낮다.

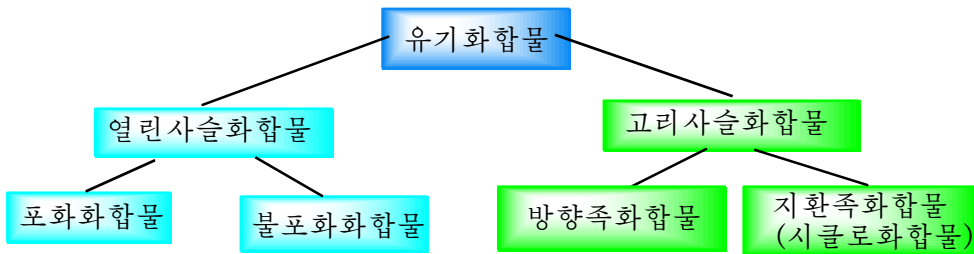
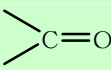
물에 잘 용해되지 않고 벤졸, 휘발유 같은 유기용매에 잘 용해된다.

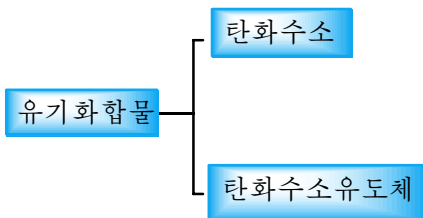
다섯째로, 거의 모든 유기물질은 불타며 이때 CO_2과 H_2O가 생긴다.

그리고 유기화합물의 반응은 매우 느리고 끝까지 일어나지 않는것이 특징이다.

유기화합물의 분류 및 호상관계

유기화합물은 그 가지수가 아무리 많아도 몇가지로 나눌수 있다.

유기화합물은 탄소사슬의 모양에 따라 열린사슬화합물과 고리사슬화합물로 나눌수 있다.

ⓘ 포화화합물, 불포화화합물, 방향족화합물의 실례를 각각 두가지씩 들어라.

유기화합물은 또한 탄화수소와 그 유도체로 나눈다.

ⓘ 탄화수소에는 어떤것들이 있는가?

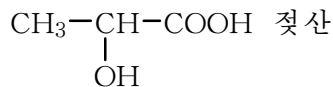
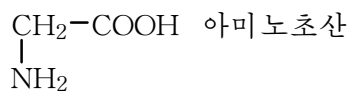
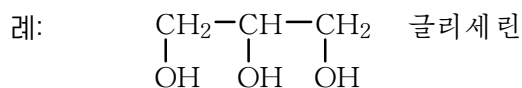
탄화수소의 유도체는 탄화수소의 수소원자가 어떤 기능원자단으로 갈리웠는가에 따라 몇가지로 나눈다.(표 5-6)

탄화수소의 유도체 　　　　　　　　　　　　　　　　표 5-6

기능원자단	탄화수소유도체	례
$-X$: $-F$, $-Cl$, $-Br$, $-I$	할로겐유도체	CH_3Cl(염화메틸), $CH_2{=}CH{-}Cl$(염화비닐)
$-OH$	알콜, 페놀	C_2H_5OH(에틸알콜), $C_6H_5{-}OH$ (페놀)
$-C(=O)-H$	알데히드	CH_3CHO(아세트알데히드)
$>C=O$	케톤	$H_3C-C(=O)-CH_3$ (아세톤)
$-COOH$	카르본산	CH_3COOH (초산)
$-NO_2$	니트로화합물	$C_6H_5{-}NO_2$ (니트로벤졸)
$-NH_2$	아민	$C_6H_5{-}NH_2$ (아닐린)
$-SO_3H$	술폰산	$C_6H_5{-}SO_3H$ (벤졸술폰산)

탄화수소의 유도체에는 한 분자안에 여러개의 기능원자단이 있는것도 있다.

례: $CH_2(OH)-CH(OH)-CH_2(OH)$ 글리세린

$CH_2(NH_2)-COOH$ 아미노초산 　　 $CH_3-CH(OH)-COOH$ 젖산

이처럼 유기화합물은 탄소사슬의 모양과 구조 그리고 기능원자단의 종류와 개수에 따라서 나눈다.

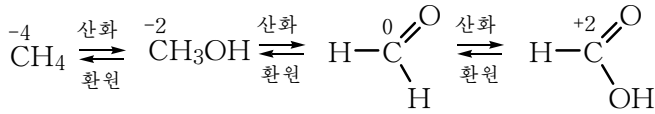
탄화수소, 알콜, 알데히드(케톤) 및 카르본산은 유기화합물에서 기본을 이루며 서로 밀접한 관계가 있다.

알콜은 탄화수소가 부분적으로 산화된 물질이다.

알콜을 산화하면 알데히드(케톤)가 된다.

알데히드를 산화하면 카르본산이 된다.

이처럼 탄화수소로부터 알콜은 1단계 산화생성물이고 알데히드와 케톤은 2단계 산화생성물이며 카르본산은 3단계 산화생성물이다.

$$\overset{-4}{CH_4} \underset{\text{환원}}{\overset{\text{산화}}{\rightleftarrows}} \overset{-2}{CH_3}OH \underset{\text{환원}}{\overset{\text{산화}}{\rightleftarrows}} H-\overset{0}{C}(=O)-H \underset{\text{환원}}{\overset{\text{산화}}{\rightleftarrows}} H-\overset{+2}{C}(=O)-OH$$

ⓘ 에탄의 단계별 산화과정을 산화수변화로 설명하여라.

카르본산은 쉽게 산화되지 않는다.

그러나 완전히 산화시키면 무기물질인 CO_2과 H_2O로 된다.

즉 카르본산은 유기화합물의 마지막 산화생성물이다.

문 제

1. 빈칸에 알맞는 글을 써넣어라.

1) 유기화합물을 이루는 기본원소는 ____와 ____이며 이밖에 ____, ____, ____, ____원소도 들어있다.

무기물질은 110여개의 원소들로 이루어진다.

2) 유기화합물을 이루는 원소의 수는 ____지만 종류는 무기화합물보다 ____.

3) 유기화합물에서 거의 모든 결합은 ____결합이며 따라서 유기화합물은 분자로 이루어진 물질이다.

유기화합물은 무기화합물에 비해 녹음점과 끓음점이 일반적으로 ____.

유기화합물은 일반적으로 물에는 ____ 유기용매에 ____.

4) 거의 모든 유기화합물은 불타며 이때 ____와 ____을 생성한다.

5) 유기화합물은 ____모양에 따라 나누기도 하고 ____의 종류에 따라 나누기도 한다.

2. 유기화합물의 종류가 많다는것을 실례를 들어 설명하여라.

3. 유기화합물의 조성에 탄소와 수소가 있다는것을 어떤 실험으로 알아볼수 있는가?

4. 다음 변화를 화학반응식으로 쓰고 탄소의 산화수변화를 밝혀라.

$$C_2H_6 \longrightarrow C_2H_5Br \longrightarrow C_2H_5OH \longrightarrow CH_3CHO \longrightarrow CH_3COOH$$

장 종 합

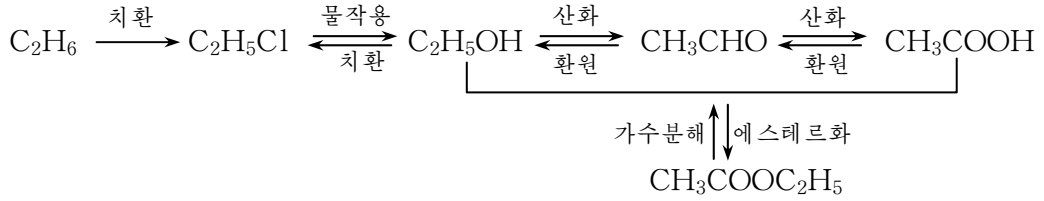
1. 기능원자단

그 물질의 화학성질을 기본적으로 규정하는 원자나 원자단

기능원자단	물질	례	주요반응
-X: -F, -Cl, -Br, -I	할로겐유도체	CH_3Cl, $CH_2=CH-Cl$ (염화메틸) (염화비닐)	반응성이 강하다. X^-가 떨어지고 OH^-가 치환된다.
-OH	알콜	CH_3OH, C_2H_5OH (메틸알콜)(에틸알콜)	알콜라트형성, 에스테르화반응, 탈수반응, 산화반응
	페놀	C_6H_5OH (페놀)	산성, 중화반응, 벤졸고리에서 치환반응 (o-, p-자리에서 진행)
$-C(=O)H$	알데히드	$H_3C-C(=O)H$ (아세트알데히드)	산화반응(은거울반응), 환원반응(수소부가)
$-C(=O)-$	케톤	$CH_3-C(=O)-CH_3$ (아세톤)	알데히드보다 반응성이 약하다. 환원반응(수소부가)
$-C(=O)OH$	카르본산	$H_3C-C(=O)OH$ (초산)	산성, 중화반응, 에스테르화반응
$-NO_2$	니트로화합물	$C_6H_5-NO_2$ (니트로벤졸)	환원(아닐린생성), 벤졸고리에서 치환반응 (m-자리에서 진행)
$-NH_2$	아민	$C_6H_5-NH_2$ (아닐린)	반응성이 크다. 벤졸고리에서 치환반응 (o-, p-자리에서 진행)
$-SO_3H$	술폰산	$C_6H_5-SO_3H$ (벤졸술폰산)	센 산성

2. 탄화수소유도체들사이의 호상관계

$$C_2H_6 \xrightarrow{\text{치환}} C_2H_5Cl \underset{\text{치환}}{\overset{\text{물작용}}{\rightleftarrows}} C_2H_5OH \underset{\text{환원}}{\overset{\text{산화}}{\rightleftarrows}} CH_3CHO \underset{\text{환원}}{\overset{\text{산화}}{\rightleftarrows}} CH_3COOH$$

$$C_2H_5OH + CH_3COOH \underset{\text{가수분해}}{\overset{\text{에스테르화}}{\rightleftarrows}} CH_3COOC_2H_5$$

복습문제

1. 에틸알콜과 페놀은 모두 히드록실기 -OH를 가지고있다. 아래의 문장을 읽고 에틸알콜에 해당되는것, 페놀에 해당되는것, 두 물질에 다 해당되는것을 찾아 내여라.

1) 물에 잘 용해된다.

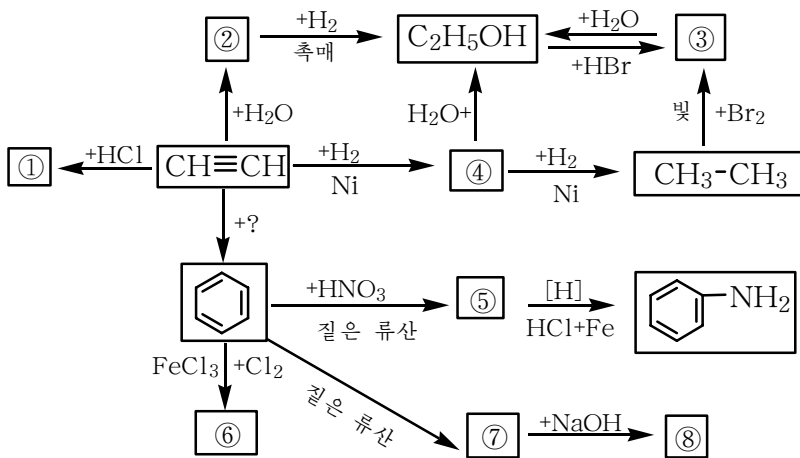
2) 나트리움과 반응하여 수소를 내보낸다.

3) 수산화나트리움과 반응하여 염을 만든다.

4) 산화하면 알데히드가 생긴다.

5) 질산과 반응하여 폭발성물질을 만든다.

2. 5개의 시험관에 메타놀, 벤졸, 포르말린, 개미산, 초산이 각각 들어있다. 어떤 방법으로 어느 시험관에 무엇이 들어있는지 알수 있겠는가? 화학반응식으로 쓰고 설명하여라.

3. 다음 화학반응도식을 완성하여라.

4. 에틸알콜과 초산의 물질량비가 1:1인 혼합용액 106g이 있다.

ㄱ) 이 두 물질을 따로따로 갈라내자면 어떻게 하여야 하는가?

ㄴ) 우의 실험을 설계하여라.

ㄷ) 갈라낸 에틸알콜을 70%용액으로 만들어 병원에서 소독약으로 쓰려고 한다. 순수한 물을 얼마나 넣어야 하는가? (답. 19.7g)

ㄹ) 갈라낸 초산을 5%용액으로 만들어 식초로 쓰려고 한다. 물을 얼마나 넣어야 하겠는가? (답. 1 140g)

5. 석회석으로부터 다음 물질을 합성하는 과정을 화학반응식으로 쓰라.

ㄱ) 초산 ㄴ) 폴리초산비닐 ㄷ) 초산에틸에스테르 ㄹ) 아닐린

6. 어떤 알데히드의 조성에 탄소는 62.1%, 수소는 10.3%, 산소는 27.6% 들어있으며 그 증기밀도는 수소의 29배이다. 이 알데히드의 분자식, 구조식을 쓰고 이름을 부르라.

7. 다음 화학반응이 유기화학공업에서 어떤 의의를 가지는가를 실례를 들어 설명하여라.

ㄱ) 에스테르화반응 ㄴ) 탈수반응+부가반응

8. 다음의 □안에는 알맞는 화학식, ( )안에는 알맞는 이름을 써넣어라.

ㄱ) 메틸알콜을 산화하면 □( )가 생긴다. 이 물질의 수용액을 ( )이라고 한다.

ㄴ) 에틸알콜을 산화하면 □( )가 생기고 다시 산화하면 □( )이 생긴다.

9. CH_3COONa에 묽은 염산을 넣으면 초산냄새가 난다.

$NaHCO_3$에 초산을 넣으면 이산화탄소가 나온다.

C_6H_5ONa수용액에 이산화탄소를 통과시키면 페놀이 생긴다.

HCl, H_2CO_3, C_6H_5OH, CH_3COOH의 4가지 산들을 산성이 강한것부터 차례로 놓아라.

10. 초산, 글리세린, 에틸알콜, 벤졸, 페놀이 각각 들어있는 병이 있다.

매 물질들을 어떻게 알아내겠는가?

11. 어떤 포화1가알콜을 초산과 반응시켜 에스테르를 만들었는데 이 에스테르의 분자량은 알콜분자량의 1.7배이다. 이 알콜의 화학식을 알아내여라.

12. 벤졸, 페놀, 니트로벤졸을 브롬화하려고 한다.

ㄱ) 어느 물질에서 반응이 쉽게 일어나겠는가?

ㄴ) 반응을 화학반응식으로 나타내여라.

13. 3-메틸-2-부타놀이 산촉매가 있는데서 탈수반응을 하였다. 어떤 물질이 생기겠는가? 화학반응식으로 나타내여라.

14. 포름알데히드, 초산, 개미산메틸에스테르의 혼합물에서 산소원소의 질량%는 x%이다. 이 혼합물에서 탄소원소의 질량%는 ( )이다.

ㄱ) 3x/4% ㄴ) 3x/2% ㄷ) 6(100-x)/7% ㄹ) x/4%

15. A, B, C는 벤졸동족체인데 분자식이 C_9H_{12}이다. 과망간산칼리움용액으로 산화하면 A는 1가카르본산, B는 2가카르본산, C는 3가카르본산으로 된다.

니트로화할 때 A와 B는 두가지 모노니트로화합물을 만들며 C는 한가지 모노니트로화합물을 만든다. A, B, C의 구조식을 구하여라.

학생실험

[실험 1]　염화수소, 염산의 만들기와 성질

실험목적

염화수소와 염산을 만드는 방법과 그것들의 성질을 인식하며 기체만드는 장치를 꾸미고 다루는 기능을 키우는데 있다.

실험기구

가지달린둥근밑플라스크(또는 둥근밑플라스크), 시험관, 점적깔때기(또는 안전깔때기), 고정대, 스포이드, 알콜등, 유리막대기, 약숟가락, 쇠그물, 점적판, 기체유도관, 핀센트, 시험관대

시약 및 실험재료

소금, 류산용액(70%), 질산은용액, pH지(또는 푸른 리트머스지), 산화동

그림 1. 여러가지 기체만들기장치

실험방법

① 그림에 있는 장치들가운데서 염화수소기체만들기에 알맞는(실정에 맞는) 장치를 골라서 염화수소를 만드는 장치를 꾸민다.

② 기체만들기장치에 마른 소금을 5g정도 넣고 점적깔때기가 꽂힌 고무마개를 막은 다음 기체가 새지 않는가를 검사한다.

ⓘ 장치에서 기체가 새지 않는가를 검사하는 방법을 말하여라.

③ 점적깔때기를 통하여 짙은 류산용액(70%)을 소금이 잠길 정도로 넣은 다음 가열한다. 이때 기체유도관의 끝은 시험관안의 물면보다 0.5cm정도 우에 떨어져있게 한다.

④ 염화수소를 물에 용해시켜 만든 염산을 유리막대기에 찍어 pH지에 묻혀본다. 변화를 관찰하고 실험일지에 기록한다.

⑤ 만든 염산을 스포이드로 점적판에 2~3방

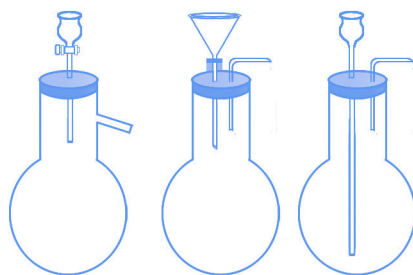
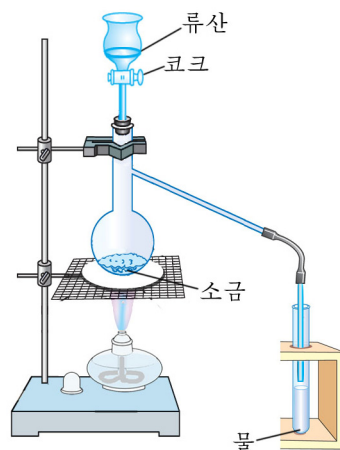



그림 2. 염화수소를 만들어 물에 용해시킨다.

울 떨구고 거기에 질산은용액을 1~2방울 떨군다. 어떤 색의 침전물이 생기는가를 관찰한다.

⑥ 시험관에 산화동가루를 조금 넣고 실험에서 만든 염산을 1mL정도 넣은 다음 흔들면서 변화를 관찰한다.

⑦ 만든 염산이 들어있는 시험관에 아연쪼각을 넣고 어떤 변화가 일어나는가를 관찰한다.

실험 ⑥, ⑦에서 얻어진 생성물과 반응에 참가하지 않은 물질을 정해진 그릇에 모은다.

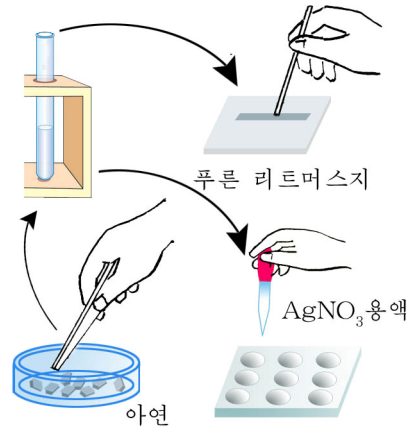



그림 3. 실험에서 만든 물질이 염산이라는것을 알아본다.

물음

① 염화수소와 염산의 성질을 우의 실험으로부터 말하여라.

② 염화수소가 물에 잘 용해되는가를 알아보기 위한 실험을 실험방법 ③과 다르게 할수는 없는가?

③ 염화수소가 어떤 원소들로 이루어졌는가를 실험으로 알아보자면 어떻게 하여야 하는가?

[실험 2] 단사류황, 고무류황의 만들기와 성질

실험목적

류황의 동소체들인 단사류황, 고무류황을 만들고 사방류황과의 다른 점을 확증하며 도가니, 도가니집게를 쓰는 방법을 익히는데 있다.

실험기구

도가니, 도가니집게, 알콜등, 확대경, 시험관, 시험관집게, 비커, 삼발이, 삼각가

시약 및 실험재료

류황, 유리솜

실험방법

1) 단사류황의 만들기와 성질

① 작은 도가니에 류황을 조금 넣고 약하게 열을 주어 녹인다. 류황이 모두 녹으면 도가니를 다시 식힌다. 녹은 류황의 걸면에 살얼음과 같은 껍데기가

생기기 시작하면 칼끝으로 직경이 1cm정도 되게 구멍을 뚫고 재빨리 액체 류황을 찬물이 담긴 비커에 쏟아낸다.

② 도가니를 계속 식히면서 도가니안벽에 어떤 모양의 결정이 생기는가를 확대경으로 살펴본다.

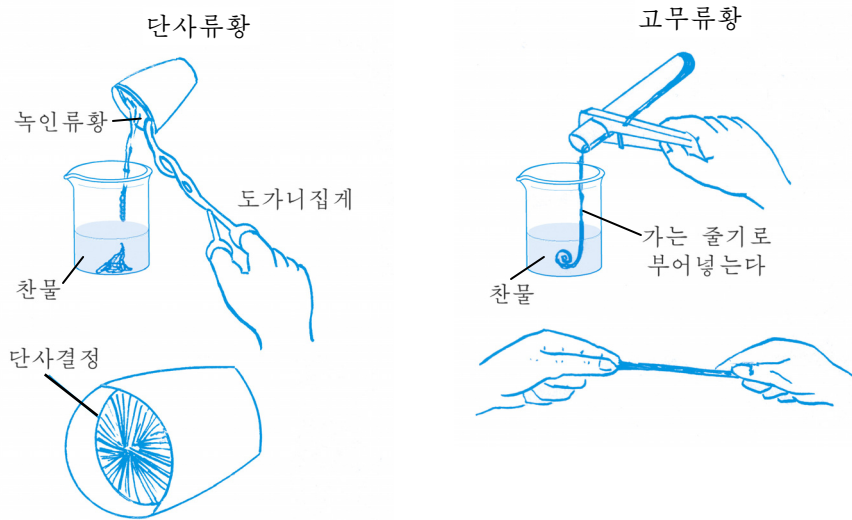



그림 4. 단사류황과 고무류황을 만든다.

2) 고무류황의 만들기와 성질

① 길이가 짧고 굵은 시험관에 높이의 1/3만큼 류황가루를 넣고 시험관아구리를 유리솜으로 성글게 막는다. 시험관을 시험관집게로 잡고 열을 주어 류황을 녹인다.

② 류황이 녹으면 계속 열을 주면서 시험관을 기울여 색과 끈기가 어떻게 변하는가를 관찰한다.

③ 류황이 끓기 시작하면 유리솜을 뽑고 끓는 류황을 가는 줄기로 찬물이 들어있는 비커에 부어넣는다. 물속에서 류황을 꺼내여 그것의 가소성과 색갈, 용해성을 관찰한다.

물음

단사류황, 고무류황의 성질과 열줄 때의 류황의 색갈, 끈기변화를 설명하여라.

[실험 3] 류산이온검출, 류산의 성질

실험목적

류산이온을 알아내는 방법을 익히고 묽은 류산과 질은 류산의 성질에서의 다른 점을 확증하는데 있다.

실험기구

시험관, 알콜등, 비커(500mL), 시험관집게, 도가니(또는 증발접시), 약절구, 스포이드

시약 및 실험재료

류산용액(질은것, 10%), 염화바리움용액(0.1mol/L), 류산나트리움용액(0.1mol/L), 아류산나트리움용액(0.1mol/L), 염산(10%), 아연쪼각, 동쪼각, 염소산칼리움결정, 사탕가루, 푸른 리트머스지

그림 5. 질은 류산과 동과의 반응

실험방법

① 시험관에 10% 류산 1mL를 넣고 염화바리움용액을 2~3방울 넣는다. 어떤 변화가 일어나는가? 그 까닭을 화학방정식으로 설명하여라. 거기에 염산을 2~3방울 더 넣으면 변화가 있는가?

② 2개의 시험관에 Na_2SO_4, Na_2SO_3용액들을 각각 2mL씩 넣고 거기에 염화바리움용액을 2mL씩 넣는다. 어떤 변화가 일어나는가? 이 2개의 시험관에 염산을 2~3방울 더 넣을 때 침전물이 용해되는것은 어느것인가? 화학방정식을 쓰고 설명하여라.

③ 시험관에 동쪼각 하나를 넣고 10% 류산을 3mL가량 넣은 다음 조심히 열을 준다. 반응이 일어나는가?

④ 다른 시험관에 동쪼각 하나를 넣고 3mL가량의 질은 류산을 넣은 다음 시험관에 조심히 열을 준다. 어떤 현상이 일어나는가? 시험관에서 기체가 나오면 물에 적신

※ 질은 류산을 시험관에 넣고 열줄 때 시험관아구리는 사람이 없는쪽으로 향하게 해야 한다.

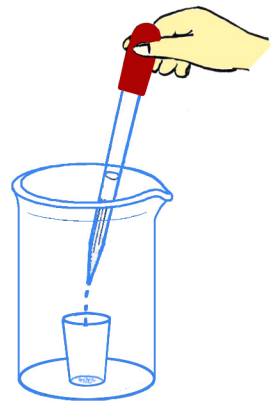



그림 6. 사탕의 불타기

푸른 리트머스지를 대보고 색변화를 알아본다. 나오는 기체의 냄새도 맡아본다. 어떤 기체라고 말할수 있는가? 잠시후 열주기를 그만두고 시험관에 들어있는 용액이 식은 다음 물이 3mL가량 들어있는 다른 시험관에 이 용액을 조금 부어넣고 용액의 색을 본다. 어떤 물질이 생겼는가? 이 반응의 화학방정식을 써라.

⑤ 0.5g의 사탕가루와 염소산칼리움결정 0.5g을 각각 약절구에서 갈아서 도가니에 넣고 잘 섞는다. 이 도가니를 비커(500mL)안에 들여놓고 2mL의 짙은 류산을 스포이드로 방울방울 떨구어본다.(그림 6)(이때 짙은 류산이 튀여날수 있기때문에 주의하여야 한다.) 사탕은 어떻게 되는가? 이 반응에서 사탕과 염소산칼리움은 어떤 작용을 하는가?

⑥ 시험관에 아연쪼각을 넣고 짙은 류산을 3mL가량 넣은 다음 조심히 열준다. 어떤 반응이 일어나는가? 이때 짙은 류산은 어떤 작용을 하였는가?

물음

① 묽은 류산과 짙은 류산의 성질에서의 다른 점을 말하여라.

② 사탕가루와 과망간산칼리움($KMnO_4$)결정을 섞은것에 짙은 류산을 넣으면 불이 인다. 화학방정식을 써라.

[실험 4] 암모니아의 만들기와 성질

실험목적

암모니아를 만들고 그 성질을 확증하며 기체만드는 장치를 꾸미고 다루는 방법을 익히는데 있다.

실험기구

고정대, 알콜등, 마른 시험관, 물그릇, 고무마개, 기체유도관, 유리막대기, 약저울, 약숟가락

시약 및 실험재료

염화암모니움, 수산화칼시움(소석회), 페놀프탈레인용액, 짙은 염산

실험방법

① 염화암모니움고체와 수산화칼시움고체를 약저울에서 각각 2g씩 달고 어떤 냄새가 나는가를 알아본 다음 종이우에서 고루 섞어 마른 시험관에 넣는다. 이때 혼합물에서 어떤 냄새가 나는가를 알아본다.

② 혼합물이 들어있는 시험관에 기체유도관을 꽂은 고무마개를 막고 장치를 고정대에 고정시킨다. 이때 시험관아구리를 수평보다 낮게 고정시켜야 한다.

왜 그런가?

③ 혼합물이 들어있는 시험관밑부분에 약하게 열을 주면서 유리막대기에 짙은 염산을 묻혀 기체유도관끝에 가져간다. 어떤 현상이 나타나는가를 관찰한다.

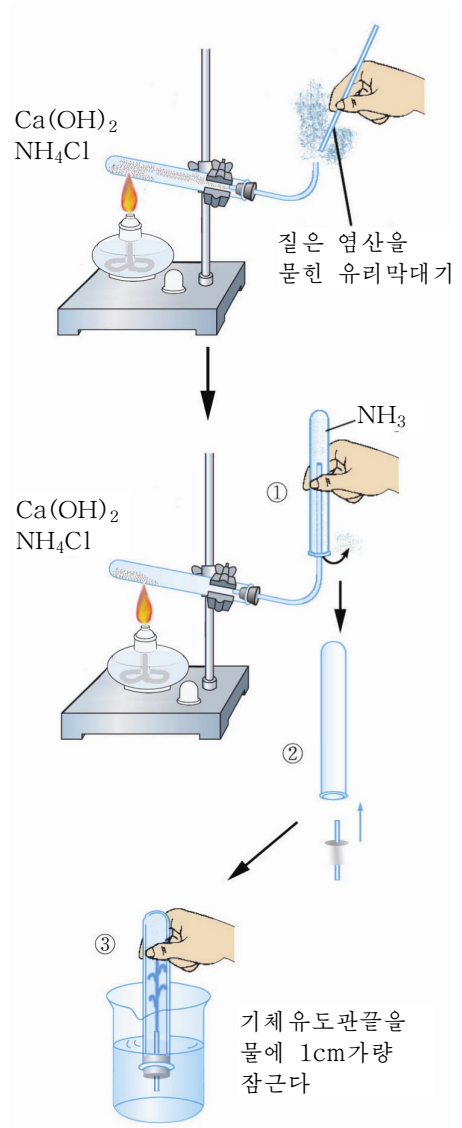
④ 가열을 계속하면서 기체유도관끝에 마른 시험관(큰것)을 거꾸로 세우고 암모니아를 모은다. 이때 짙은 염산을 묻힌 유리막대기를 시험관아구리근방에 가져갔을 때 흰 연기가 생기면 마른 시험관에 암모니아기체가 다 찬것으로 본다. 연기가 생기면 마른 시험관에 암모니아기체가 다 찬것으로 보는 리유는 무엇이며 흰 연기는 무엇이겠는가?

⑤ 암모니아가 들어있는 시험관을 거꾸로 세운채로 끝이 뾰족한 긴 유리관을 꽂은 고무마개로 막는다. 페놀프탈레인용액을 2~3방울 떨구어넣은 물에 유리관을 1~2㎝가량 잠근다. 이때 일어나는 현상을 관찰한다.

그림 7. 암모니아를 만들고 그 성질을 알아본다.

물음

① 실험에서 관찰한 현상에 기초하여 암모니아의 성질을 설명하여라.

② 암모니아를 만드는 실험에서 모두 마른 시험관을 쓰는 리유는 무엇인가?

[실험 5]　몇가지 화학비료 알아보기

실험목적

몇가지 화학비료를 알아보는 능력과 실험계획을 자체로 세우는 능력을 키우는데 있다.

실험기구

피페트, 시험관, 알콜등, 시험관집게, 스포이드

시약 및 실험재료

류안용액, 질안용액, 염안용액, 파석용액, 염화바리움용액, 수산화나트리움용액, 질산은용액(10%), 짙은 류산, 동쪼각, 붉은 리트머스지

실험내용

이름표가 없는 시약병에 류안용액, 질안용액, 염안용액, 파석용액들이 각각 들어있다. 어느 병에 어떤 비료용액이 있는가를 알아본다.

실험방법

1) 실험계획을 세운다.

매 학생들이 세운 실험계획은 서로 다를수 있으므로 어느 실험계획이 가장 합리적이겠는가를 토론한다. 몇가지 실험계획의 실례를 보면 다음과 같다.

① 질산은용액 한가지 시약으로만 알아내는 방법이 있다.

순서	비료 / 작용시약	류안 $(NH_4)_2SO_4$	질안 NH_4NO_3	염안 NH_4Cl	파린산석회 $Ca(H_2PO_4)_2$
ㄱ	$AgNO_3$	$Ag_2SO_4\downarrow$	변화없다	$AgCl\downarrow$ 흰색	$AgH_2PO_4\downarrow$ 노란색

이처럼 질산은용액을 작용시켜 침전물의 색갈, 변화없는것 등을 고려하여 비료용액을 각각 알아본다. 만일 $AgNO_3$의 농도가 작아 Ag_2SO_4침전물이 생기지 않았다면 변화가 없는 용액이 두가지로 된다. 그러면 변화없는 두 시약병에 들어있는 용액을 시험관에 2mL씩 넣고 염화바리움용액을 작용시킬 때 흰 침전물이 생기는것이 류산암모니움용액이다.

②

순서	비료 / 시약, 조건	$(NH_4)_2SO_4$	NH_4NO_3	NH_4Cl	$Ca(H_2PO_4)_2$
ㄱ	NaOH, 가열	NH_3↑ 암모니아냄새	NH_3↑ 암모니아냄새	NH_3↑ 암모니아냄새	냄새없다
ㄴ	$BaCl_2$	$BaSO_4$↓ 흰색	–	–	
ㄷ	$AgNO_3$		–	$AgCl$↓ 흰색	
ㄹ	Cu, 질은 류산, 가열		NO_2↑ 밤색		

③

순서	비료 / 시약, 조건	$(NH_4)_2SO_4$	NH_4NO_3	NH_4Cl	$Ca(H_2PO_4)_2$
ㄱ	$BaCl_2$용액	$BaSO_4$↓ 흰색	–	–	–
ㄴ	$AgNO_3$		–	$AgCl$↓ 흰색	AgH_2PO_4↓ 노란색
ㄷ	Cu, 질은 류산, 가열		NO_2↑ 밤색		

2) 매 조에 지적된 실험계획에 근거하여 실험을 진행한다.

3) 만일 실험계획 ②로 실험을 하게 되였다면 먼저 비료용액에 1, 2, 3, 4 번호를 붙이고 매 비료용액을 해당한 번호가 붙은 4개의 시험관에 각각 1mL씩 넣고 실험계획 ② 의 실험순서 ㉠에 밝혀진 작용을 주고 시험관들을 하나씩 알콜등불로 데우면서 물에 적신 붉은 리트머스지를 시험관아구리에 대여 색변화를 본다. (그림 8) 다음 관찰한 내용을 실험일지에 기록하면서 냄새없는 시험관을 찾아 해당한 번호가 붙은 시약병에 파린산석회비료용액이 들어있음을 알아내게 된다.

4) 아직 밝히지 못한 비료용액을 각각 1mL씩 해당 번호가 붙은 깨끗한 시험관에 넣고 실험계획 ②의 실험순서 ㉡에 밝혀진 작용을 준 다음 관찰한 내용을 실험일지에 기록하면서 흰 침전물이 생긴 시험관번호와 같은 시약병에 류안용액이 들어있음을 밝혀낸다.

5) 아직도 밝히지 못한 비료용액을 다시 각각 1mL씩 해당 번호가 붙은 깨끗한 시험관에 넣고 실험순서 ㉢에 밝혀진 작용을 주어 염안용액을 밝혀낸다.

6) 남은 비료용액이 질안임을 확인하기 위해 시험관에 비료용액을 2mL 넣고 실험순서 ㉣에 밝혀진 작용을 준다.(그림 9)

7) 실험이 끝나면 매 조에서 알아낸 비료용액이 정확한가를 토론하고 해당한 평가를 한다.

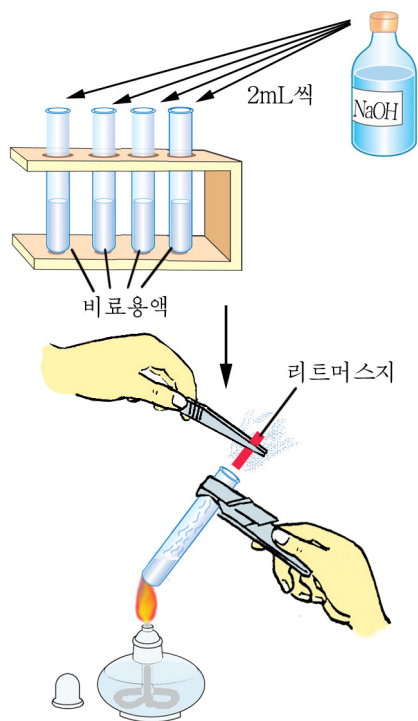
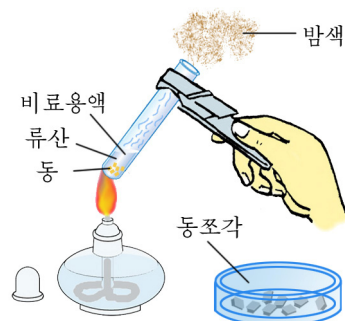
그림 8. 암모니움이온 알아보기

그림 9. 질산이온 알아보기

물음

① 실험에서 관찰한 반응들의 화학방정식을 쓰고 이온방정식으로 나타내여라.

② 실험에 기초하여 다음의 표를 완성하여라.

비료용액번호 / 구분	1	2	3	4
양이온				
음이온				
화학식				

[실험 6]　과망간산칼리움의 산화제적성질

실험목적

과망간산칼리움의 센 산화제적성질이 매질의 pH에 따라 어떻게 변하는가를 알아보는데 있다.

실험기구

시험관, 시험관대, 피페트, 약숟가락, 스포이드

시약 및 실험재료

과망간산칼리움(고체), 류산용액(1mol/L)
아류산나트리움용액(1mol/L)
수산화나트리움용액(1mol/L)
싱아산용액(1mol/L)
과망간산칼리움용액(1mol/L), 증류수

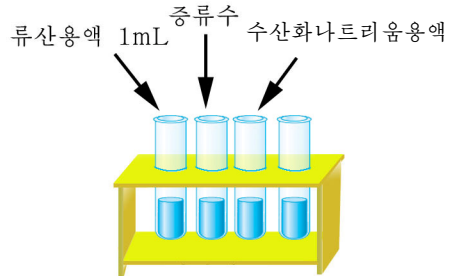
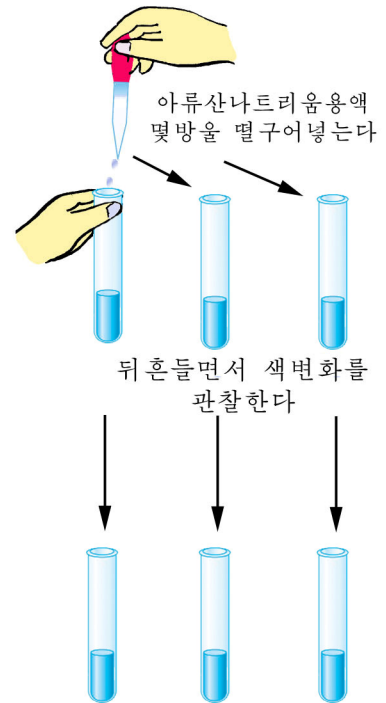
실험방법

① 네개의 시험관에 물을 4mL씩 넣고 매 시험관에 과망간산칼리움의 잔 결정을 몇개씩 집어넣고 뒤흔들어 용해시킨다.
첫째 시험관에는 1mol/L 류산용액을, 둘째 시험관에는 증류수를, 셋째 시험관에는 1mol/L 수산화나트리움용액을 각각 1mL씩 넣는다. 넷째 시험관은 색을 비교하는데 쓴다.
매 시험관에 차례로 아류산나트리움용액을 방울방울 떨구어넣는다. 용액의 색변화는 어떠한가?

② 시험관에 4mL의 물, 2방울의 잉크, 5방울의 과망간산칼리움용액, 5방울의 류산용액을 넣고 뒤흔들어 섞는다. 이 용액에 싱아산용액을 방울방울 떨구어넣는다. 용액의 색변화는 어떠한가?

그림 10. 과망간산칼리움의 성질 알아보기

물음

① 산성, 중성, 알카리성용액에서 일어나는 과망간산칼리움과 아류산나트리움과의 반응에서 용액의 색이 각각 어떻게 변하는가? 관찰한 반응들의 이온방정

식을 쓰라.

② 류산산성매질에서 파망간산칼리움과 싱아산과의 산화환원방정식을 쓰라. 이 반응을 리용하여 종이에 잉크로 쓴 글자를 지워보아라.

[실험 7] 수산화철(Ⅱ)와 수산화철(Ⅲ)의 만들기 및 성질

실험목적

철이온(Fe^{2+}, Fe^{3+})의 수산화물을 만들어 그의 물리적, 화학적성질을 알아보고 철이온의 존재를 확인하는 실험방법을 습득하는데 있다.

실험기구

시험관, 스포이드, 피페트, 약순가락, 점적판

시약 및 실험재료

모르염결정($(NH_4)_2SO_4 \cdot FeSO_4 \cdot 6H_2O$)
류산용액(2mol/L)
티오시안산칼리움용액(0.1mol/L)
수산화나트리움용액(2mol/L)
적혈염용액(0.1mol/L)
염산(2mol/L), 황혈염용액(0.1mol/L)
염화철(Ⅲ)용액(0.1mol/L), 증류수

실험방법

① 두개의 시험관에 갓 만든 증류수를 2mL 씩 넣고 첫째 시험관에는 류산용액을 10 방울가량 넣어 류산산성으로 한 다음 모르염결정 몇개를 넣어 용해시킨다.
둘째 시험관에는 깨끗한 수산화나트리움을 조금 용해시킨다. 이 용액을 첫째 시험관에 부어넣는다. 어떤 색의 침전물이 생기는가? 침전물을 종이에 조금 쏟아놓고 공기속에서 그 색이 어떻게 변하는가를 관찰한다.
침전물의 나머지부분을 두 시험관에 나누어넣고 한 시험관에는 염산을, 다른 시

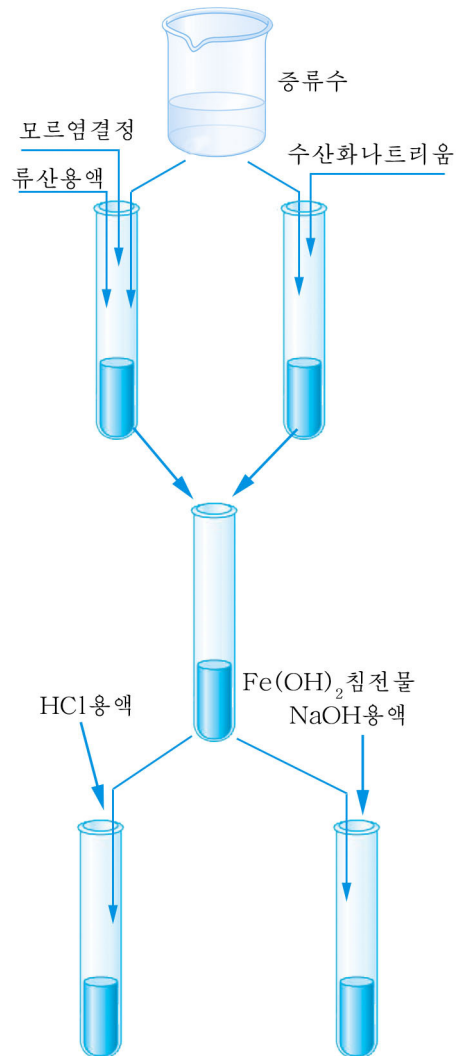



그림 11. 수산화철(Ⅱ)의 만들기와 성질

험관에는 수산화나트리움용액을 넣고 흔든다. 이때 침전물이 용해되는가?

② 염화철(Ⅲ)용액 2mL를 시험관에 넣고 수산화나트리움용액을 몇방울 넣는다. 이때 어떤 색을 띤 침전물이 생기는가? 방법 ①에서 얻은 침전물의 색과 비교하여보아라.
침전물을 두 시험관에 나누어넣고 한 시험관에는 염산을, 다른 시험관에는 끓인 짙은 수산화나트리움용액을 넣고 흔든다. 어느 시험관에 들어있는 침전물이 용해되는가?

③ 점적판의 두개의 홈에 모르염용액을 한두방울씩 떨구고 첫째 홈에는 티오시안산칼리움용액을, 둘째 홈에는 적혈염용액을 한두방울씩 떨구어놓는다.(그림 13 ㄱ) 일어나는 변화를 관찰한다.

④ 점적판의 다음의 두개 홈에는 염화철(Ⅲ)용액을 두방울씩 떨구어놓고 첫째 홈에는 티오시안산칼리움용액을, 둘째 홈에는 황혈염용액을 두방울씩 떨군다.(그림 13 ㄴ) 일어나는 변화를 관찰한다.

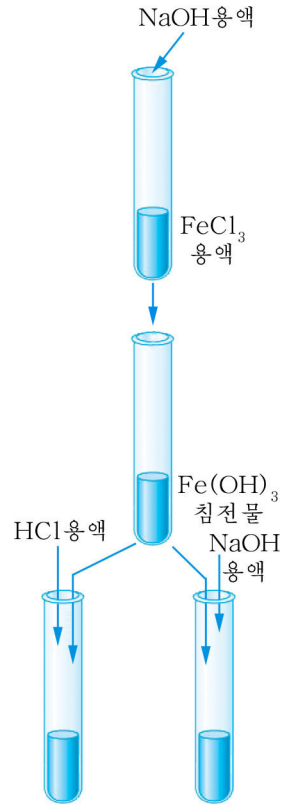



그림 12. 수산화철(Ⅲ)의 만들기와 성질

물음

① 류산산성매질에서 모르염과 수산화나트리움용액과의 반응의 이온방정식을 쓰고 다음의 물음에 대답하여라.

ㄱ) 어떤 색의 침전물이 생기는가?

ㄴ) 침전물을 려지우에 조금 쏟아놓았을 때 어떤 색으로 변하는가?

ㄷ) 침전물이 염산 또는 수산화나트리움용액과 반응할 때 어떤 현상이 관찰되였는가? 화학방정식을 쓰고 수산화철(Ⅱ)의 성질에 대하여 설명하여라.

② 실험에서 관찰한 현상에 기초하여 다음의 물음에 대답하여라.

ㄱ) 염화철(Ⅲ)용액과 수산화나트리움용액과의 반응의 화학방정식을 쓰고 생긴 침전물의 색을 말하여라.

ㄴ) 수산화철(Ⅲ)이 염산에 용해되는가 수산화나트리움용액에 용해되는가? 수산화철(Ⅲ)의 성질에 대하여 설명하여라.

ㄷ) Fe^{2+}과 Fe^{3+}을 검출하려면 어떤 실험을 하여야 하는가? Fe^{2+}과 Fe^{3+} 검출반응의 화학방정식을 쓰고 설명하여라.

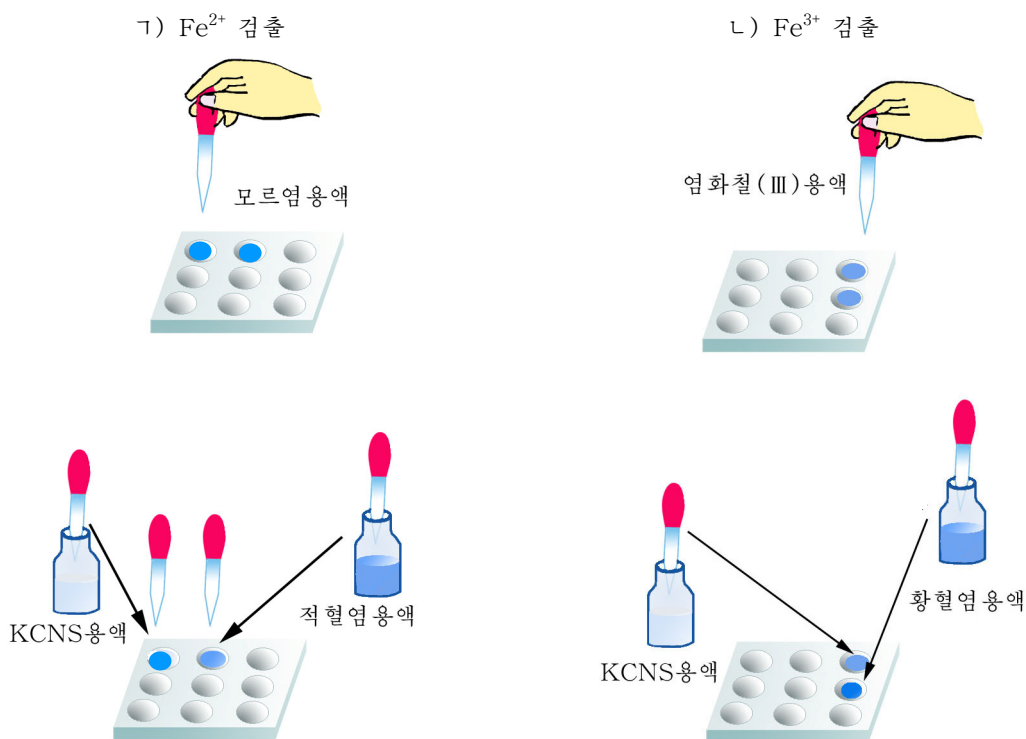



그림 13. Fe^{2+}과 Fe^{3+} 검출

[실험 8] 수산화동의 만들기와 성질, Cu^{2+} 검출

실험목적

동염(Cu^{2+})용액으로부터 수산화동을 만들어 그의 물리적 및 화학적성질을 알아보고 용액속에서 동이온의 검출방법을 습득하는데 있다.

실험기구

시험관, 시험관대, 피페트, 알콜등

시약 및 실험재료

류산동용액(2mol/L), 암모니아수(2mol/L), 염산(2mol/L), 수산화나트리움용액(2mol/L)

실험방법

① 시험관에 류산동용액을 5mL가량 넣고 거기에 수산화나트리움용액을 같은 체적만큼 넣는다. 생긴 침전물의 색은 어떠한가?

시험관을 흔들어 용액과 침전물을 섞은 다음 세개의 시험관에 나누어넣는다. 첫째 시험관에는 염산을, 둘째 시험관에는 수산화나트리움용액을 같은 체적씩 넣고 흔든다. 일어나는 현상을 관찰한다. 세번째 시험관은 시험관집게로 집어서 알콜등에서 열준다. 침전물의 색이 어떻게 변하는가?

② 동염용액(류산동용액 또는 질산동용액)을 시험관에 2mL가량 넣고 거기에 암모니아수를 생겼던 침전물이 모두 용해될 때까지 떨구어넣는다. 어떤 현상이 일어나는가?

물음

① 수산화동의 만들기 및 성질과 관련되는 모든 반응의 화학방정식을 쓰고 그 성질에 대하여 설명하여라.

② 수산화동의 성질에 기초하여 염화동, 수산화나트리움, 질산을 리용하여 질산동을 만드는 방법에 대하여 설명하여라.

③ 동염용액과 암모니아수사이에서 동암민착화합물이 생기는 반응의 화학방정식을 쓰고 동이온검출원리에 대하여 설명하여라.

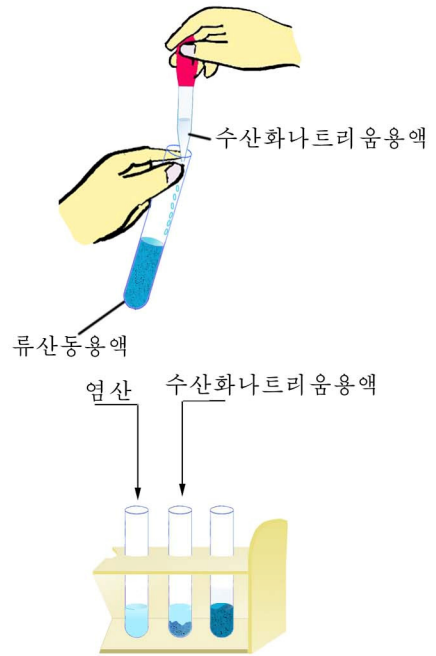



그림 14. 수산화동의 만들기와 성질, Cu^{2+} 검출

[실험 9]   양이온검출

실험목적

여러 금속양이온(Cu^{2+}, Pb^{2+}, Al^{3+})들이 섞여있는 혼합용액에서 매개 이온을 갈라내는 방법을 습득하는데 있다.

실험기구

원추형시험관, 원심분리기, 피페트, 비커, 스포이드, 원추형시험관대

시약 및 실험재료

질산동용액(0.1mol/L), 수산화나트리움용액(3mol/L), 염산(3mol/L), 질산

알루미니움용액(0.1mol/L), 질산연용액(0.1mol/L), 암모니아수(3mol/L)

실험방법

① 교원으로부터 시료용액* 2~4mL를 원추형시험관에 받는다. 색과 침전물이 있는가를 살펴보고 시료용액을 두 시험관에 나누어넣는다. 하나는 예비로 둔다.

② 시료용액이 들어있는 시험관에 염산을 침전물이 더는 생기지 않을 때까지 방울방울 떨구어넣으면서 젓는다.

③ 원추형시험관을 원심분리기에 넣어 원심분리하고 용액과 침전물을 가른다. 침전물의 모양과 색은 어떠한가?

④ 침전물로부터 갈라낸 용액에 암모니아수를 처음에 생긴 푸른색침전물이 다시 다 용해될 때까지 방울방울 떨구어넣는다. 이때 생긴 침전물의 모양과 색은 어떠한가? 원심분리하여 용액과 침전물을 가른다.

⑤ 용액으로부터 갈라낸 침전물을 증류수로 2~3번 씻는다. 침전물을 두개의 시험관에 나누어넣고 첫째 시험관에는 염산을, 두번째 시험관에는 수산화나트리움용액을 조금씩 넣는다. 침전물이 용해되는가?

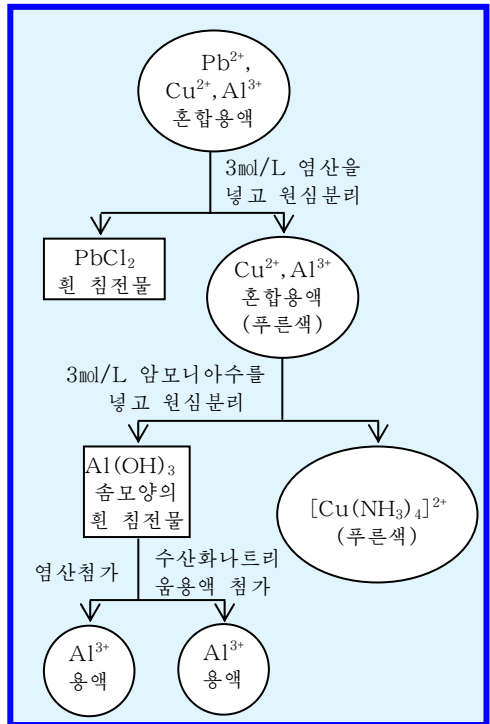



그림 15. 양이온검출실험계통도

물음

실험에 기초하여 용액속에 Pb^{2+}, Cu^{2+}, Al^{3+}가 함께 있다는것을 설명하여라.

※ 시료용액은 0.1mol/L $Cu(NO_3)_2$용액, 0.1mol/L $Pb(NO_3)_2$용액, 0.1mol/L $Al(NO_3)_3$용액을 50mL씩 섞어 만든다.

[실험 10]　에틸렌의 만들기와 성질

실험목적

실험실에서 에틸렌을 만드는 방법과 그 성질을 검증하며 기체를 만드는 실험장치를 꾸미고 그것을 다루는 기능을 키우는데 있다.

실험기구

시험관, 기체유도관, 고정대, 알콜등, 고무마개

시약 및 실험재료

에틸알콜, 브롬수, 짙은 류산, 사기쪼각

실험방법

① 한 시험관에는 에틸알콜 2mL, 짙은 류산 6mL를 넣고 사기쪼각 몇개를 넣은 다음 기체유도관을 꽂은 마개로 막는다. 다른 시험관에는 브롬수를 2mL 정도 넣는다.

② 에틸알콜과 짙은 류산이 들어있는 시험관을 알콜등의 불길로 처음에는 약하게, 다음에는 점차 세게 가열한다.

(?) 사기쪼각은 왜 넣는가?

③ 기체유도관으로 나오는 에틸렌기체를 브롬수에 통과시킨다. 변화를 관찰한다.

④ 기체유도관으로 나오는 에틸렌기체에 불을 붙여본다.

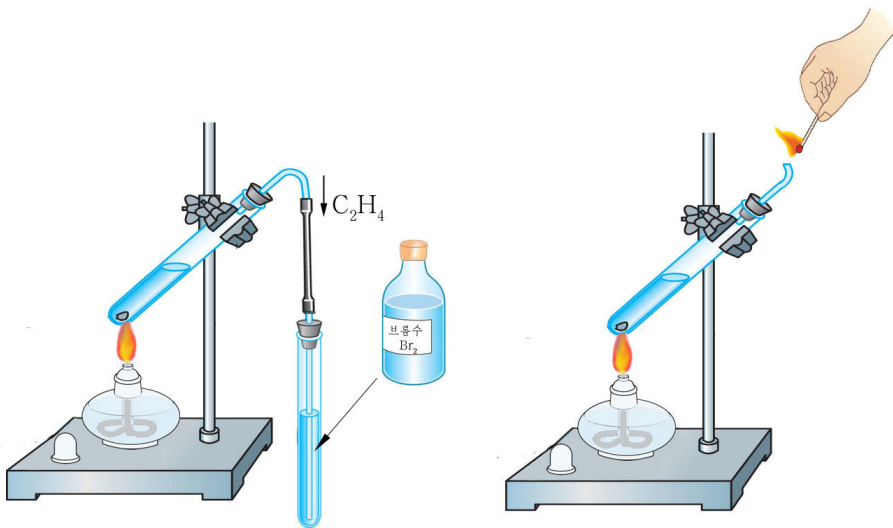



그림 16. 에틸렌의 브롬부가와 연소

⑤ 실험이 끝나면 알콜과 류산의 혼합물을 식히고 정해진 그릇에 모은다.

물음

① 에틸렌을 통과시킬 때 브롬수의 색이 변하는것은 무엇때문인가?

② 실험 ③과 ④의 순서를 바꾸어 진행하면 폭발할수 있다. 왜 그런가?

③ 에틸렌을 연소시키면 무엇이 생기는가?

[실험 11] 아세틸렌의 만들기와 성질

실험목적

아세틸렌을 만드는 방법과 그의 성질을 검증하며 기체를 만드는 장치를 꾸미고 그것을 다루는 기능을 키우는데 있다.

실험기구

삼각플라스크, 기체유도관, 시험관, 밑에 구멍이 뚫린 시험관, 고무마개, 가는 유리관

시약 및 실험재료

카바이드, 소금포화용액, 브롬수, 솜(또는 려지)

실험방법

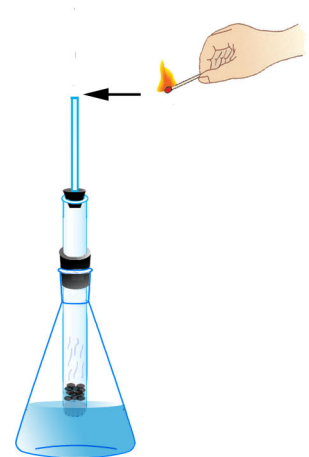
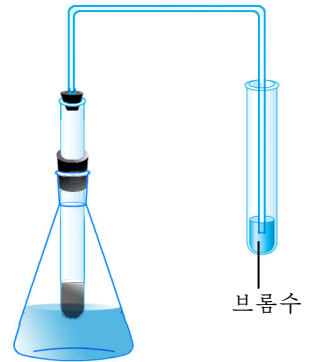
① 밑에 구멍이 뚫린 시험관에 솜(또는 거품고무, 려지)을 조금 깔고 그우에 작은 카바이드쪼각 몇개를 넣은 다음 다시 솜을 넣는다. 기체유도관을 꽂은 고무마개로 시험관을 막고 소금포화용액이 있는 삼각플라스크에 잠근다. 이때 시험관에 넣은 카바이드에 소금물이 닿을 정도로 잠그어야 한다.

Ⓘ 왜 소금포화용액에 잠그는가?

② 시험관에 브롬수용액을 2mL정도 넣고 기체유도관으로 나오는 기체를 통과시킨다. 브롬수용액의 색변화를 관찰한다.

그림 17. 아세틸렌을 만들고 성질을 알아본다.

③ 브롬수용액의 색이 없어지면 기체유도관끝을 우로 향하게 하고 기체에 불을 붙여본다. 불길의 색을 관찰한다.

④ 기체유도관끝에 불이 달린채로 카바이드가 들어있는 시험관을 소금포화용액에서 들어올린다.

물음

① 아세틸렌이 연소될 때 그을음이 많은 불길을 내는것은 무엇때문인가?

② 아세틸렌을 통과시킬 때 브롬수의 색이 없어지는것은 무엇때문인가?

아세틸렌-공기혼합기체에 불을 대면 폭발하므로 시험관안의 공기가 아세틸렌에 의하여 다 쫓겨난 다음에 불을 붙여야 한다. 그러므로 우의 실험순서를 반드시 지켜야 한

[실험 12] 벤졸의 성질

실험목적

벤졸의 물리성질과 화학성질을 실험으로 공고히 하며 실험조작기능을 익히는데 있다.

실험기구

시험관, 알콜등, 스포이드, 사기접시, 삼발이와 쇠그물, 시험관대, 피페트, 비커

시약 및 실험재료

벤졸, 질은 류산, 에틸알콜, 질은 질산, 디에틸에테르

실험방법

① 3개의 시험관에 물, 에틸알콜, 디에틸에테르를 1~2mL씩 넣고 여기에 2~3방울의 벤졸을 각각 넣은 다음 뒤흔들어 시험관대에 세워놓는다. 어느 시험관에서 물질이 용해되는가?

② 사기접시에 벤졸을 2~3방울 떨구어넣고 불을 붙인다. 벤졸은 어떻게 타는가?

③ 시험관에 질은 질산 1.5mL를 넣고 거기에 질은 류산 2mL를 잘 흔들면서 섞는다.

섞인 산이 방온도로 식은 다음 흔들면서 거기에 벤졸 1mL를 방울방울 넣는다. 이때 열이 나며 뜨거워지므로 찬물로 식힌다. 젖처럼 걸죽해진 용액을 3~5min동안 놓아두

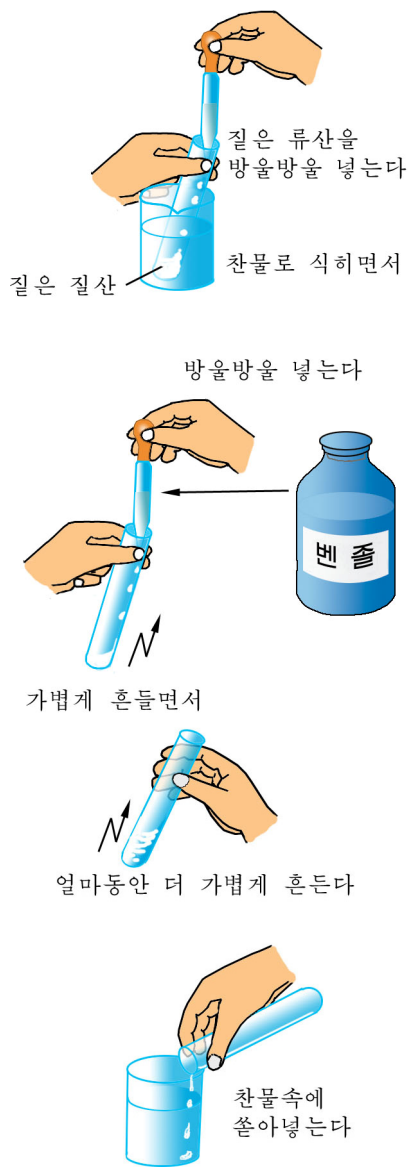



그림 18. 벤졸의 니트로화

었다가 50~60℃의 뜨거운 물속에 넣어 반응을 끝까지 진행시킨 다음 10~15mL의 물을 담은 비커에 쏟는다. 이때 누런색의 무거운 기름모양의 액체인 니트로벤졸이 가라앉는다. 니트로화반응의 화학반응식을 쓰라.

물음

① 벤졸을 알콜대신 알콜등에 넣어 쓸수 있는가? 불탈 때의 화학반응식을 쓰라.

② 니트로화반응에서 반응온도가 지나치게 올라가는것을 조심해야 한다. 그것은 무엇때문인가?

[실험 13] 벤졸과 톨루올의 반응성비교

실험목적

벤졸고리의 안정성, 벤졸과 벤졸동족체의 반응성을 정확히 인식하며 실험기구를 다루는 기능을 익히는데 있다.

실험기구

시험관, 피페트, 긴 유리관, 비커, 물그릇, 알콜등, 시험관대, 고정대, 삼발이, 석면을 붙인 쇠그물, 고무마개

시약 및 실험재료

벤졸, 톨루올, 질은 류산, 과망간산칼리움용액(2%)

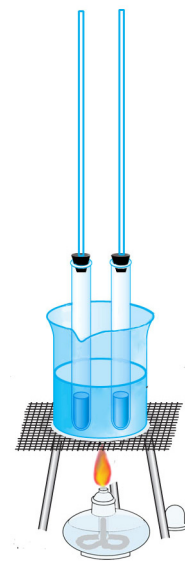
실험방법

① 벤졸, 톨루올을 각각 0.5mL씩 마른 시험관에 넣고 질은 류산을 3mL씩 넣는다. 긴 유리관을 꽂은 마개로 막고 뜨거운 물속에서 시험관을 가끔 뒤흔들면서 데운다.
약 10min 지나서 두 시험관을 찬물에 담가 식힌다.

② 찬물이 10mL씩 들어있는 두 시험관에 반응물을 각각 쏟는다. 반응물이 물에 용해되는가?

③ 두 시험관에 물 3mL, 과망간산칼리움용액 1mL와 류산 1mL를 각각 넣는다. 다음 한 시험관에는 벤졸을, 다른 시험관에는 톨루올을 1mL씩 넣고 시험관을 세게 뒤흔든다.

그림 19. 술폰화실험

④ 두 시험관을 시험관대에 세워둔다. 용액의 색이 변화되는가?

※ 어지러운 벤졸은 정제하여 써야 한다. 벤졸을 정제하려면 그것을 5.5℃ 아래로 식히면 된다. 이때 벤졸은 고체로 되고 우에 액체가 남는다. 액체를 찌워내면 깨끗한 벤

졸이 얻어진다.

※ 술폰산은 물에 잘 용해되는 결정성물질이다.

물음

① 벤졸이 술폰화되지 않았다는것을 어떻게 알아볼수 있는가?

② 톨루올이 술폰화되였다는것을 어떻게 알아볼수 있는가? 화학반응식을 쓰라.

③ 벤졸이 산화되지 않았다는것을 어떻게 알아볼수 있는가?

④ 톨루올의 산화반응의 화학반응식을 쓰라.

[실험 14] 에틸알콜의 증류

실험목적

액체혼합물에서 개별물질들을 갈라내는 원리와 방법을 공고히 다지며 증류장치를 꾸미고 다루는 기능을 익히는데 있다.

실험기구

둥근밑플라스크(150mL), 온도계, 분축관, 수접관, 랭각기, 밀도계, 삼각플라스크, 알콜등, 메스플라스크, 고정대, 수욕, 비닐관, 고무마개

시약 및 실험재료

에틸알콜

사기쪼각

실험방법

① 밀도계로 물이 섞인 에틸알콜의 밀도를 잰다. 에틸알콜의 밀도표를 보고 농도를 알아낸다.

② 둥근밑플라스크에 에틸알콜용액 100mL와 사기쪼각 2~3개를 넣는다.
둥근밑풀라스크를 수욕에 푹 잠기도록 고정대에 고정시킨 다음 그우에 분축관을 맞춘다. 분축관의 아구리에는 온도계를 꽂고 가지에는 랭각기를 맞춘다. 랭각기의 끝에 수접관을 달고 그끝에 삼각플라스크를 놓는다.

③ 랭각기의 아래로부터 우로 물이 흐르도록 한 다음 알콜등불로 수욕을 덥히기 시작한다. 열을 받은 알콜은 증기로 날아나서 랭각기에서 액체로 되며 받는 그릇인 삼각플라스크에 방울방울 떨어진다. 시간이 지나 온도가 쑥 오르는 기미가 있으면 곧 증류를 멈춘다. 이것은 둥근밑플라스크에 들어있던 에틸알콜이 다 증류되였다는것을 의미한다.

④ 삼각플라스크에 받은 에틸알콜의 밀도를 잰다. 처음의 에틸알콜과 증류하여 얻은 에틸알콜의 %농도를 비교하여보아라.

물음

① 증류는 물질의 어떤 성질을 리용한것인가? 어떤 액체물질이건 다 증류할수 있는가? 온도계를 분축관의 곁가지보다 더 깊숙이 또는 지내 올려다꽂아도 되는가? 왜 그런가?

② 랭각기의 우에서부터 아래로 물이 흐르게 하면 안되는가?

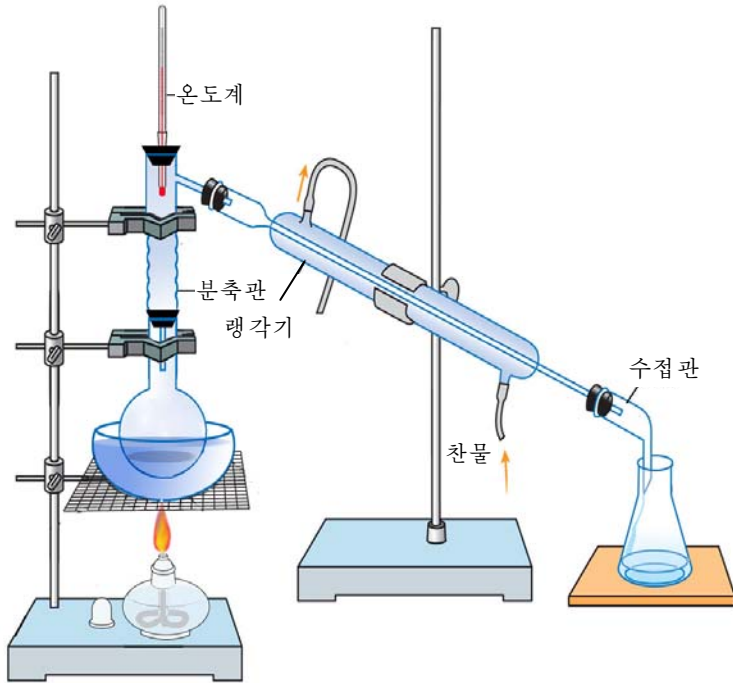



그림 20. 알콜의 증류장치

에틸알콜의 밀도와 %농도사이관계

밀도/g·cm^{-3}	질량%	체적%	밀도/g·cm^{-3}	질량%	체적%
0.986	8.1	10	0.913	50.2	60
0.975	16.3	20	0.889	62.4	70
0.965	24.7	30	0.863	73.5	80
0.951	33.4	40	0.834	85.7	90
0.934	42.5	50	0.789	100	100

[실험 15]　에틸알콜과 브롬화수소와의 반응

실험목적

알콜의 치환반응에 대한 지식을 공고히 하며 실험장치를 꾸미고 다루는 기능을 익히는데 있다.

실험기구

가지달린시험관, 비커, 알콜등, 온도계, 시험관, 유리관, 피페트, 고정대

시약 및 실험재료

에틸알콜, 브롬화칼리움(고체), 짙은 류산, 무수염화칼시움

실험방법

① 가지달린시험관에 에틸알콜 3mL를 넣고 흔들면서 류산 3mL를 한방울씩 넣는다. 혼합물을 식히고 물 3mL와 브롬화칼리움 3g을 넣는다.

② 시험관아구리를 고무마개로 막고 곁가지에 유리관을 련결한 후 시험관을 고정시킨다. 유리관의 끝을 4mL의 물을 넣은 시험관에 잠근다. 이 시험관을 얼음물을 넣은 비커에 잠그어놓는다.

③ 반응물을 조심히 데운다. 끓기 시작하여 10~15min 지나면 기름방울모양의 액체가 물밑에 가라앉는다. 시험관을 빼고 알콜등의 불을 끈다.

④ 물층을 따라내고 찬물을 새로 넣고 뒤흔든 다음 세워두면 다시 브롬화에틸이 가라앉는다.

⑤ 브롬화에틸만 갈라내여 깨끗한 가지달린시험관에 옮기고 염화칼시움을 조금 넣은 다음 온도계와 랭각기를 꽂고 증류한다. 받는 그릇은 잘 식혀야 한다. 얻은 물질의 량은 약 1.5g이다.

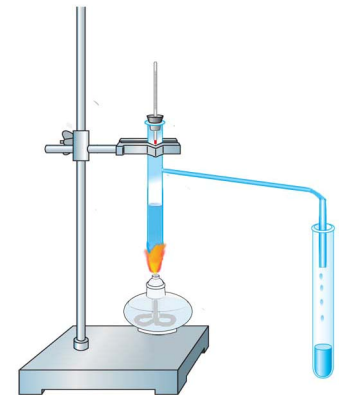
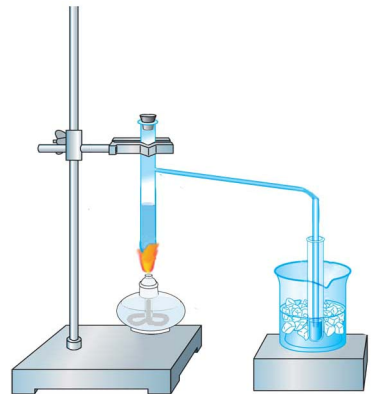



그림 21. 에틸알콜과 브롬화수소와의 반응

물음

① 반응을 화학반응식으로 쓰라.

② 이 실험에서 에틸알콜에 류산과 브롬화칼리움을 작용시키는것은 무엇때문인가?

[실험 16] 알데히드의 은거울반응

실험목적

은암민착화합물을 만드는 방법과 포름알데히드의 성질을 검증하고 거울을 만드는 방법을 익히는데 있다.

실험기구

시험관, 스포이드, 피페트, 온도계, 알콜등, 비커, 시험관대, 약숟가락

시약 및 실험재료

포르말린, 질산은용액(1%), 암모니아수(2~3%), 질산용액, 고체탄산나트리움, 증류수

실험방법

① 시험관을 탄산나트리움으로 깨끗이 씻고 다시 증류수로 씻는다.

② 깨끗이 씻은 시험관에 2mL의 질산은용액을 넣고 암모니아수를 스포이드로 떨구어넣는다. 용액은 흐려진다. 시험관을 가볍게 흔들면서 흐려졌던 용액이 맑아질 때까지 암모니아수를 한방울씩 떨구어넣는다.(맑아진 다음 더 넣지 말아야 한다.) 이것이 은암민착화합물용액이다.(그림 22)

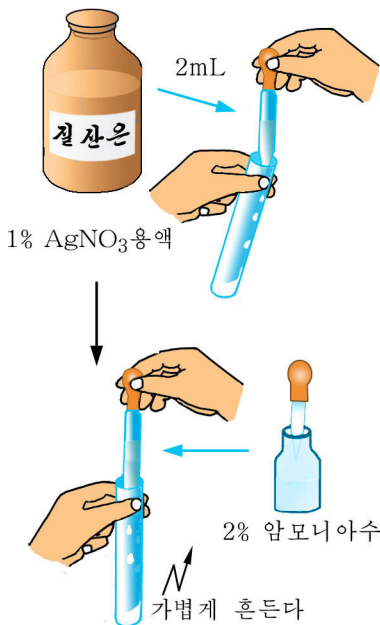
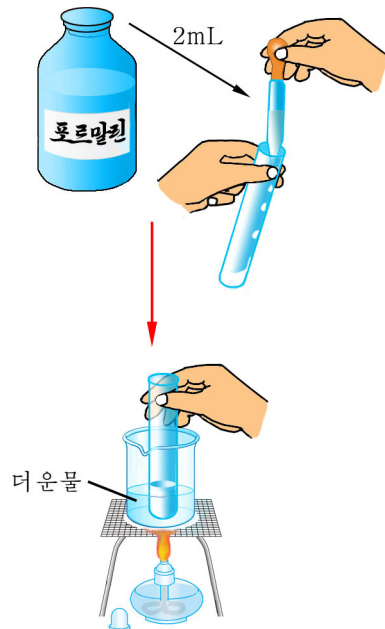



그림 22. 은암민착화합물용액 만들기　　　그림 23. 포르말린의 은거울반응

③ 은암민착화합물용액이 들어있는 시험관에 2mL의 포르말린을 넣는다. 반응

혼합물이 든 시험관을 50~60℃의 더운물속에 몇min동안 잠근다.(그림 23)시험관벽에 무엇이 생기는가?

④ 실험이 끝나면 시험관안의 반응액을 정해진 그릇에 모은다. 시험관에 묽은 질산을 조금 넣어 생긴 은거울을 벗겨버린다. 이것도 그릇에 모은다.

물음

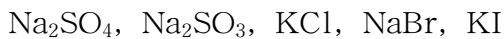
① 시험관을 왜 깨끗이 씻어야 하는가? 시험관을 탄산나트리움으로 씻으면 어떻게 되는가?

② 은거울이 생기는 반응의 화학반응식을 쓰라.

③ 시험관벽의 은이 질산에 용해되는 과정을 화학반응식으로 나타내여라.

실험문제 1. 몇가지 물질 알아내기

이름표가 없는 시약병에 다음의 물질들이 각각 들어있다.

Na_2SO_4, Na_2SO_3, KCl, NaBr, KI

어느 시약병에 어떤 물질이 들어있는지 실험으로 알아내여라.

실험문제 2. 몇가지 염의 검출

이름표가 없는 세개의 시약병에 염화칼리움, 암모니움알루미니움명반, 황혈염이 들어있다.

실험으로 이 물질들을 검출하여라.

실험문제 3. 유기물질의 검출

4개의 시험관에 각각 메타놀, 글리세린용액, 포르말린, 초산용액이 들어있다.
어느 시험관에 무엇이 들어있는지 알아내여라.

찾아보기

경금속	108	light metal	лёгкий металл
경유	175	light oil	лёгкое масло
글리세린	193	glycerin	глицерин
과도원소	14	transition element	переходный элемент
농약	200	pesticide	ядохимикат
니트로화	165	nitration	нитрование
니트로화합물	165	nitro-compound	нитросоединение
동족렬	132	homologous series	гомологический ряд
동족체	132	homolog	гомолог
류화물	41	sulphide, sulfide	сульфид, сернистое соединение
발효	189	fermentation	ферментация
방향족탄화수소	167	aromatic hydrocarbon	ароматический углеводород
부동태화	44	passivation	пассивирование
불포화탄화수소	147	unsaturated hydrocarbon	ненасыщенный углеводород
비닐기	142	vinyl group	винильная группа
배위결합	17	coordination bond	координационная связь
배위자	93	ligand	лиганд
벤졸고리	162	benzene ring	бензольное кольцо
석탄건류	173	coal carbonization	коксование каменного угля
수소결합	32	hydrogen bond	водородная связь
술폰화	165	sulphonation	сульфонирование
σ-결합	22	σ-bond	σ- связь
시성식	132	rational formula	рациональная формула
주량자수	5	main quantum number	главное квантовое число

중금속	108	heavy metal	тяжёлый металл
중합반응	146	polymeric reaction	полимерная реакция
중유	175	heavy oil	тяжёлое масло
착염	93	complex salt	комплексная соль
착이온	93	complex ion	комплексный ион
착화합물	93	complex compound	комплексное соединение
카르복실기	210	carboxyl group	карбоксильная группа
카르본산	213	carboxylic acid	карбоновая кислота
케톤	208	ketone	кетон
탄화수소	126	hydrocarbon	углеводород
탈수반응	186	dehydrating reaction	дегидрация реакция
π-결합	23	π-bond	π-связь
포화탄화수소	131	saturated hydrocarbon	насыщенный углеводород
페놀	197	phenol	фенол
혼성궤도	18	hybrid orbit	гибридная орбита
흑색금속	109	black metal	чёрный металл
희유금속	119	rare metal	редкий металл
화학비료	68	chemical fertillizer	химическое удобрение
아민	219	amine	амин
알데히드	203	aldehyde	альдегид
알칸	131	alkane	алкан
알콜	184	alcohol	алкоголь
알킨	155	alkine	алкин
알킬기	133	alkyl group	алкильная группа
알켄	148	alkene	алкен

암모니움염	51	ammonium salt	аммонийная соль
열분해	138	thermal cracking	термический крекинг
유기화합물	126	organic compound	органическое соединение
유리	76	glass	стекло
유색금속합금	114	alloy of non-ferrous metal	сплав цветного металла
은거울반응	204	silver mirror reaction	реакция серебряного зеркала
이성체	135	isomer	изомер
이성현상	135	isomeric phenomenon	изомерное явление
일반식	131	general formula	общая формула
에스테르	211	ester	сложный эфир
에스테르화반응	211	esterification reaction	эстерификационная реакция
원자궤도	7	atomic orbit	атомная орбита